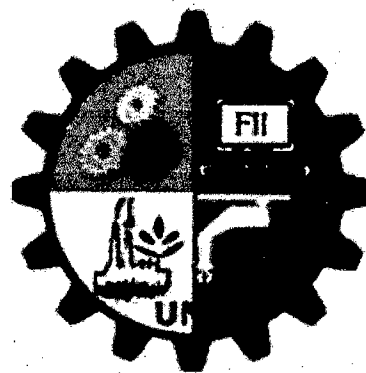


“UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA”
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADEMICO Y/O ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



“DETERMINACION DE LA MAXIMA RETENCION DEL COLOR
VERDE DE ESPARRAGOS (*Asparagus officinalis* L.) EN CONSERVAS
DURANTE EL TRATAMIENTO TERMICO”

PRESENTADA POR:
ENCALADA LOPEZ JUAN CARLOS

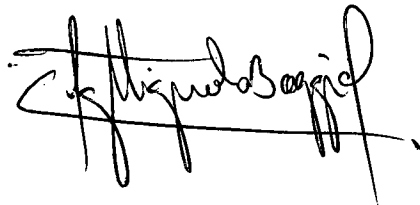
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Piura, Perú
2015

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

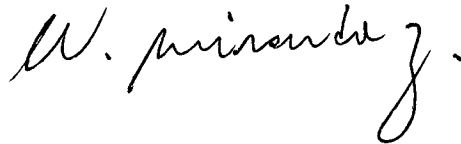
ASESOR: TULIO VIGNOLO BOGGIO

FIRMA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tulio Vignolo Boggio', written over a horizontal line.

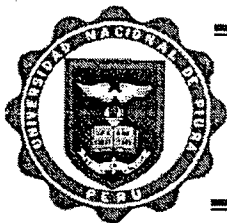
COASESOR: WILLIAN ROLANDO MIRANDA ZAMORA

FIRMA

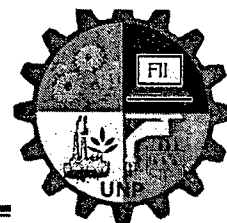
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Miranda Z.', written in a cursive style.

TESISTA: JUAN CARLOS ENCALADA LOPEZ

FIRMA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador de la Tesis denominada: «**DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA RETENCIÓN DEL COLOR VERDE DE ESPARRÁGOS (Asparagus officinales) EN CONSERVAS DURANTE EL TRATAMIENTO TÉRMICO**», presentado por el señor **JUAN CARLOS ENCALADA LÓPEZ**, Bachiller de la Escuela Profesional en **Ingeniería Agroindustrial E Industrias Alimentarias**, asesorado por el **Ing. Tulio Guido Vignolo Boggio**, y co asesorado por el **Dr. William Rolando Miranda Zamora**. Reunidos para la sustentación de ésta y luego de escuchar su exposición y las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran:



Con el Calificativo:

APROBADO

BUENO

En consecuencia el sustentante se encuentra **apto** para recibir el título profesional de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, conforme a Ley.

Piura, 19 de Noviembre del 2015


ING. NÉSTOR J. ZAPATA PALACIOS
PRESIDENTE - JURADO CALIFICADOR


ING. DANIEL CRUZ GRANDA.
VOCAL - JURADO CALIFICADOR


ING. NELLY LEYVA POVIS
SECRETARIO - JURADO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mi Dios todopoderoso, quien supo guiarme por el buen camino, darme las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

A mi madre Domitila López Fernández, por su apoyo, confianza y amor incondicional en cada etapa de mi vida, por brindarme las fuerzas necesarias cuando más lo necesite, por su motivación y aliento en cada dificultad que presente en el transcurso de mi vida, por su carisma, bondad y paciencia conmigo.

A mi padre Carlos Edilberto Encalada Palacios, por apoyarme para poder concluir con este trabajo de investigación, por cada enseñanza que me brinda, por hacer de mí una mejor persona y profesional. Por su paciencia que tiene conmigo cuando actúo inmaduramente, causando enojo y preocupación de la familia.

A mis hermana María Elena Encalada López, por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.

A mi hermano Daniel Antonio Encalada López, quien ha sido mi motivación, inspiración y felicidad.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi co-asesor de tesis, Dr. William Miranda Zamora por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

De igual manera agradecer a asesor de Tesis de Grado, Ing. Tulio Vignolo Boggio por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

Y por último a mi jefa de trabajo Ing. Pía Hidalgo Nuñez, la cual me ha motivado y apoyado durante mi formación profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

RESUMEN

La zona más fría de las pruebas de penetración de calor dentro del autoclave o retorta se ubica en la zona superior que tiene un f_h de 6,11 minutos. El punto más frío en la conserva de espárrago verde se ubica en el punto equidistante entre el centro geométrico y el tercio de la altura desde la base del envase de vidrio que tiene un valor f_h de 19,27 min a 110°C, 21,83 minutos a 116°C y 18,21 minutos a 121°C. Un sistema de visión por computadora (SVC) para el procesamiento de las imágenes y medición del color de la conserva de espárrago durante el tratamiento térmico fue implementado para la medición del color verde del espárrago en conserva. Se determinó el diferencial de color durante el tratamiento térmico a temperaturas de 110°C y a una presión de 0.045 MPA, 116°C a una presión de 0.08 MPA y 121°C a una presión de 0.11 MPA, en el rango de 2,4 a 11,1; 1,4 a 7,9 y 3,7 a 7,2 respectivamente. La cinética de pérdida de color verde del espárrago en conserva es de primer orden. La retención máxima del color verde de los espárragos en conserva expresada como porcentaje de retención de calidad sensorial (cromaticidad del color a^*) teórica fue del 81,15 y el porcentaje de retención de calidad sensorial (cromaticidad del color a^*) experimental fue de 86,67.

INDICE

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTOS
RESUMEN

CAPITULO I: INTRODUCCION

- 1.1. Planteamiento del problema.
- 1.2. Descripción de la realidad problemática.
- 1.3. Definición del problema.
- 1.4. Formulación del problema.
- 1.5. Objetivos de la investigación.
 - 1.5.1. Objetivo general.
 - 1.5.2. Objetivos específicos.
- 1.6. Justificación, importancia y beneficios de la investigación
 - 1.6.1. Justificación.
 - 1.6.2. Importancia de la investigación.
 - 1.6.3. Beneficios de la investigación.
- 1.7. Hipótesis de la investigación
 - 1.7.1. Hipótesis general.
 - 1.7.2. Hipótesis específicas.
 - 1.7.3. Identificación y operacionalización de variables.
 - 1.7.3.1. Identificación de variables.
 - A) variables dependientes.
 - B) variables independientes.
 - C) operacionalización de variables.

CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

- 2.1. MARCO REFERENCIAL
 - 2.1.1. Descripción de la materia prima.
 - 2.1.2. Características morfológicas.
 - 2.1.3. Propiedades nutritivas.
 - 2.1.4. Propiedades funcionales.
 - 2.1.5. Etapas del proceso productivo.
- 2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS (Y/O CONCEPTUALES)
 - 2.2.1. Tratamiento térmico.

- 2.2.2. Factores que afectan la penetración de calor durante el tratamiento térmico.
- 2.2.3. Fundamentos color.
- 2.2.4. Medición del color en alimentos.
- 2.2.5. Sistemas de color.
- 2.2.6. Sistema de visión por computadora.

2.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo, modelo teórico, método y diseño de la investigación.

3.1.1. Tipo.

3.1.1. Modelo teórico.

3.1.3. Método.

3.1.4. Diseño.

3.2. Métodos e instrumentos de investigación.

3.2.1. Método de investigación

3.2.2. Instrumentos de la investigación

3.2.2.1. Materia prima.

3.2.2.2. Equipos e instrumentos.

3.2.2.3. Materiales.

3.2.2.4. Insumos.

3.2.2.5. Software para el tratamiento de datos.

3.2.3. Métodos de análisis.

3.2.3.1. Análisis físicoquímicos.

3.2.3.2. Análisis físicos.

3.2.4. Sistema de visión de por computadora.

3.3. Tipo y técnicas de muestreo y de recolección de datos.

3.3.1. Población.

3.3.2. Muestra.

3.3.3. Técnica de muestreo.

3.4. Metodología experimental y técnica de procesamiento, análisis e interpretación de la información.

3.4.1. Etapas del trabajo experimental.

A. Estudio de las distribución de calor en el autoclave.

- B. Estudio de penetración de calor en conservas de los espárragos verdes.
- C. Determinación de las características de penetración de calor en el producto envasado usando excel 2010®.
 - C.1 Método de determinación de la punto de más frío en los envases de vidrio para conservas de esparrago por medio de regresión lineal.
 - C.2 Método de determinación de la zona de más lento calentamiento en el autoclave por medio de regresión lineal.
 - C. 3 Cálculo del tiempo de proceso.
- D. Determinación de las características cinéticas de la destrucción térmica del color a^* en conservas de espárragos verdes
- E. Evaluación del tratamiento térmico por el método de Ball (1923)
- F. Evaluación de la retención del parámetro de calor a^* por el método de Jen *et al.* (1971).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1. Determinación de la zona más fría en una autoclave o retorta para conservas de esparrago por medio de regresión lineal.
- 4.2. Determinación del punto de más frío en los envases de vidrio para conservas de esparrago por medio de regresión lineal.
- 4.3. Determinación de las características de penetración de calor en conserva de espárrago verde.
- 4.4. Optimización del tratamiento térmico.
- 4.5. Análisis de los resultados obtenidos matemática y experimentalmente para la combinación de tiempo-temperatura óptima.
- 4.6. Implementación del sistema de visión computacional, medición del color y determinación del cambio de color.
- 4.7. Determinación de la cinética de la pérdida de color verde del espárrago en conserva.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

CAPITULO VI. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

I. INTRODUCCIÓN

La aplicación de algún tipo de tratamiento térmico a un alimento tiene como finalidad la destrucción de la carga microbiana que ocasione el deterioro en su calidad física, química o biológica, o que origine algún tipo de perjuicio en la salud del consumidor.

Cada microorganismo tiene su propia resistencia al calor, y en función de dicha potencial carga y a las características del alimento se aplica un determinado tratamiento térmico; sin embargo, éste tiene que ser específico para así evitar efectos negativos que puede ocasionarle alteraciones físico, químicas o biológicas debido a un sobre tratamiento o permitir la sobrevivencia de alguna forma de vida que ocasione problemas en la salud del consumidor, debido a un sub tratamiento de calor.

Toda aplicación de un determinado tratamiento térmico es consecuencia del conocimiento de un conjunto de factores, entre los que podemos citar a la termo resistencia de la carga microbiana nativa presente en el alimento, la naturaleza, estado, presentación y tipo de alimento y por último, el conocimiento de las propiedades asociadas a la conductividad del calor, las alteraciones por calor, la velocidad de transmisión de calor, etc.

El tratamiento térmico, ocasiona no solo la destrucción de los microorganismos o la desnaturalización de sus enzimas, sino también la de sus componentes nutricionales y modificaciones en su presentación visual.

Una de las alteraciones que produce un tratamiento térmico, principalmente en las conservas, es la pérdida del color. Para muchas empresas agroindustriales productoras de conservas, el color es un indicador de calidad, buenas prácticas de manufactura y condiciones adecuadas de almacenamiento. Además, uno de los problemas comúnmente observados en las empresas dedicadas al procesamiento de alimentos en conserva es la aplicación de temperatura y tiempos de proceso.

El presente trabajo de investigación, plantea determinar la máxima retención de color verde de espárragos en conserva durante el tratamiento térmico, mediante pruebas de penetración de calor para saber en cuanto tiempo se ha de someter a la conserva de espárrago al calor dentro del autoclave y teniendo una presión determinada para cada temperatura. Para esto se emplearan termocuplas, en donde se podrá determinar en qué parte del envase tarda más en alcanzar las temperaturas empleadas. Además se empleará un sistema de visión por computadora (SVC) para el procesamiento de las imágenes y medición del color de la conserva de espárrago durante el tratamiento térmico.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La industria conservera dentro de la Región Piura ha ido aumentando en los últimos años, debido a la gran demanda de conservas de frutas y vegetales en el extranjero. La aparición de empresas agroindustriales dispuestas a invertir en las instalaciones de plantas conserveras e innovar con la creación de nuevos productos envasados, ha logrado que el Perú se vaya posicionando dentro del mercado mundial como un proveedor de materias primas y productor de conservas en lata y vidrio caracterizadas por su calidad e inocuidad.

El éxito del fenómeno agroexportador que vive nuestro país, se ha dado gracias a los tratados de libre comercio (TLC) con grandes potencias mundiales como lo son Estados Unidos, China, Japón, Malasia, Inglaterra, etc. Este tipo de tratados comerciales han conseguido que productos peruanos puedan ser vendidos en estos países libres de aranceles, generando mayores divisas de exportación para el estado y ganancias para las empresas.

El espárrago es un producto natural de textura carnosa y firme, un aroma intenso con un sabor ligeramente dulce que requiere una mayor exposición a la luz solar para obtener un color verdoso. Es considerado un alimento gourmet por su consumo exclusivo y dietético. Su alto contenido de fibras facilita el proceso de digestión.

Desde el 2007, Perú es el primer país exportador de espárragos del mundo, habiendo logrado desplazar a importantes países productores como China, México, Estados Unidos, y ser reconocido mundialmente por la calidad de su producto. En 2004, los importadores más importantes eran los Estados Unidos (95 405 toneladas), seguido por La Unión Europea (18 565 toneladas), y Japón (17 148 toneladas). Si bien el mayor productor de Espárragos es China, Perú es el principal exportador de Espárrago Verde Fresco, lo que le ha generado estar en las primeras posiciones en la exportación de este producto, superando a la China y a países europeos.

En Perú se producen básicamente dos tipos de Espárragos: el Espárrago Blanco, que crece bajo tierra y se usa principalmente para las conservas, aunque un porcentaje menor del mismo se exporta fresco y el Espárrago Verde que principalmente se exporta fresco, por vía aérea, a distintos mercados. Este producto se cultiva en diferentes calibres, siendo los más gruesos preferido por los mercados europeos, y los medios y delgados por el mercado Norteamericano

A nivel nacional AGROINDUSTRIAS AIB SA, SOCIEDAD AGRICOLA VIRU, GREEN PERU SA, DANPER TRUJILLO SAC, IQF DEL PERU SA y

CAMPOSOL SA, son las empresas conserveras más reconocidas en el rubro de fabricación de conservas de espárrago, éstas empresas agroexportadoras se caracteriza por seguir los requerimientos de las NTP 209.404:2003 y NTP 209.403:2007 cumpliendo con los parámetros óptimos de la materia prima que ingresa al proceso y con los factores requeridos para la fabricación de la conserva, sin embargo alguna de estas empresas peruanas poseen una gran problemática con respecto a la degradación del color del espárrago verde envasado durante el tratamiento térmico, causando de esta forma que el consumidor observe esta variación de color como un indicador de mala calidad, malas prácticas de manufactura y condiciones inadecuadas de almacenamiento.

1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El color es visualmente considerado el atributo más importante para la percepción de la calidad del producto, especialmente en productos agrícolas este sirve como indicador de buen o mal estado. A pesar de la importancia de color, la inspección visual que se realiza dentro de las empresas es llevada a cabo mediante técnicas colorimétricas y espectrofotométricas, caracterizadas por ser utilizadas para realizar controles de conformidad dentro de un número reducido de muestras; adicionalmente estas técnicas son usualmente destructivas y sólo se puede medir el color en la parte muestreada, reduciendo de esta forma la resolución de la imagen a procesar.

La problemática que poseen las empresas fabricantes de conservas de espárragos, como es el caso de AGROINDUSTRIAS AIB SA, SOCIEDAD AGRICOLA VIRU, GREEN PERU SA, DANPER TRUJILLO SAC, IQF DEL PERU SA y CAMPOSOL SA, es por la pérdida del color verde de los espárragos verdes durante el tratamiento térmico y posterior almacenado, hacen que se acentúe la variación de color con respecto al tiempo de almacenado afectando de forma directa la apariencia de la conserva.

La degradación del color afecta al consumidor final que es quien considera al color como el parámetro visual más importante en la definición de la calidad de cualquier alimento envasado en vidrio, valoración que ha sido siempre crucial y tema de preocupación en la industria de alimentos, así como en la investigación y desarrollo de nuevos productos.

Se propone en este proyecto la implementación de sistema de visión por computadora para la obtención de parámetros de color utilizando el sistema de medición de color CIELAB para así poder determinar el porcentaje de retención de color verde en las conservas de espárrago verde. La investigación será realizada en

el laboratorio de Agroindustrias de la Universidad Nacional de Piura. La duración del proyecto de investigación será de 5 meses a partir de la aprobación del mismo.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se determinará la máxima retención del color verde de la conserva de espárragos durante el tratamiento térmico?

¿Se determinará la cinética de pérdida de color verde del espárrago en conserva?

¿Habrá variación en las características fisicoquímicas del espárrago verde y en conserva?

Estas preguntas se irán respondiendo a lo largo de la investigación.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la máxima retención del color verde de la conserva de espárragos (*Asparagus officinalis* L.) durante el tratamiento térmico.

1.5.6. Objetivos específicos

- Realizar las pruebas de penetración de calor dentro del autoclave así como en la conserva de espárrago (*Asparagus officinalis* L.).
- Implementar un sistema de visión por computadora (SVC) para el procesamiento de las imágenes y medición del color de la conserva de espárrago durante el tratamiento térmico.
- Determinar el diferencial de color durante el tratamiento térmico a temperaturas de 230°F, 240°F y 250°F.
- Determinar la cinética de pérdida de color verde del espárrago en conserva.
- Determinar la retención máxima del color verde de los espárragos en conserva.

1.6. JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Justificación

La evaluación y medida del color constituye un método rápido y no destructivo de control de calidad en alimentos, no obstante dada su complejidad y el elevado número de factores de que depende, es un proceso bastante delicado que puede abordarse desde dos perspectivas diferentes: la objetiva o medida instrumental (Física o Química) y la subjetiva mediante la valoración visual del color del producto por medio de paneles entrenados.

Al elegir la medición objetiva de color en conservas de espárrago verde, se propone la implementación de un sistema de visión por computadora debido a que este es un método no destructivo para la medición del color en alimentos. Este consta de una cámara digital para la adquisición de imágenes, una caja con iluminación apropiada y la utilización de software para el procesamiento de las imágenes, con la finalidad de obtener parámetros cuantificados y expresados numéricamente bajo el sistema de medición del color CIELAB, brindando valores expresados en L^* = Luminosidad, a^* = Valores Rojo-Verde y b^* = Valores Amarillo- Azul. Las ventajas de este tipo de sistema frente a los métodos tradicionales de medición de color han sido demostradas en varias investigaciones (Shahin y Symons, 2001 ,2003; Chen *et al.*2002; Sullivan *et al.*, 2003; Yam y Papadakis, 2004; Mendoza ,2005).

1.6.2. Importancia de la investigación

Este estudio de la cinética de degradación de color del espárrago plantea identificar bajo que rango de temperaturas se logra fijar el color verde del espárrago con respecto al tiempo de tratamiento térmico, dando solución a muchos problemas que se encuentran al someter al alimento a temperaturas altas. Además, uno de los problemas más comunes observados en las empresas dedicadas al procesamiento de alimentos en conservas es la aplicación de temperatura y tiempos de proceso iguales para diferentes alimentos que tienen como única similitud el tamaño de sus envases. Sin embargo, ello no garantiza que el tratamiento térmico al que fue procesado el alimento sea el apropiado considerando que cada producto es diferente uno del otro debido a las características químicas de ellos o a la utilización de diferentes líquidos de cobertura. Es por eso que se emplean diferentes tipos de envases, tiempos y temperaturas.

1.6.3. Beneficios de la investigación

Con esta investigación se logrará dar un aporte intelectual tanto a los estudiantes de industria alimentaria como a los investigadores ligados a temas de medición de color y tratamientos térmicos para conservas vegetales, a los cuales se les proporcionará evidencia científica de los parámetros óptimos evitar la degradación de color en conservas de diferentes alimentos. Además aportará soluciones en cuando a la degradación de color para las empresas agroindustriales productoras de conservas de alimentos.

1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. Hipótesis general.

Existe diferencia significativa en el porcentaje de retención del parámetro de color a^* en conservas de espárragos verdes durante el tratamiento térmico a 230 °F, 240°F y 250 °F, temperaturas utilizadas por muchas empresas dedicadas a la elaboración de conservas de espárrago.

1.7.2. Hipótesis específicas.

Existe diferencia significativa en el tipo de envase utilizado para la conservas de espárragos durante el tratamiento térmico a 230 °F, 240 °F y 250 °F.

Existe diferencia significativa en la cantidad de materia prima (espárrago) y el líquido gobierno añadidos en los frascos de vidrio durante el tratamiento térmico a 230 °F, 240 °F Y 250 °F de conservas de espárragos verdes.

1.7.3. Identificación y operacionalización de variables

1.7.3.1. Identificación de variables

a) Variables dependientes

La primera variable del tipo dependiente es el parámetro de medición de color a^* bajo el sistema CIELAB, que representa la cromaticidad del color rojo (+ a^*) hasta verde (- a^*) esta variación se va irá midiendo utilizando software para la medición de los parámetros

CIELAB (L^* , a^* y b^*) en la fotos que se adquirirán utilizando un sistema de visión por computadora durante el tratamiento térmico y post tratamiento térmico.

La segunda variable dependiente será el porcentaje de retención de verde en las conservas de espárragos verdes que será medido usando el sistema de visión por computadora, evaluando solamente el parámetros de color a^* que abarca la variación de rojo a verde dentro de las imágenes analizar por el software.

b) Variables independientes

La primera y segunda variable del tipo independiente corresponden a la medición de temperatura y tiempo durante el tratamiento térmico, los indicadores que se utilizaran para medir los diferenciales de temperatura serán 3 termocuplas de tipo T y se utilizará un datalogger NI PCI – 6024E para la adquisición de las lecturas de las temperaturas durante el tratamiento térmico.

La tercera variable independiente será la posición de la termocupla dentro del autoclave para hallar la zona de más lento calentamiento, así como el punto de más lento calentamiento en el envase de la conserva de espárragos verdes. Los indicadores para esta medición serán medidos, para cada tipo de frasco, en tres posiciones en el centro geométrico, para el caso de los frascos de capacidad de 212 cm³ su centro geométrico será a 55 mm de la altura, 9 mm debajo del centro geométrico a 64 mm de la altura y 18 mm debajo del centro geométrico a 73 mm de la altura del envase de vidrio de la conserva de espárragos verdes y para el caso de los frascos de capacidad de 370, 580 y 720 cm³, su centro geométrico será a 80 mm de la altura, 27 mm debajo del centro geométrico a 107 mm y 40.5 mm debajo del centro geométrico a 120.5 mm de la altura del envase de vidrio de la conserva de espárragos.

Los índices para esta investigación serán la manera cómo contrastaremos y evaluaremos de manera rápida y precisa la gran cantidad de datos que se irán generando durante los diferentes tratamientos térmicos y evaluación de parámetros de penetración de calor que se llevaran a cabo durante el presente estudio utilizando el Microsoft Excel 2010 ®.

c) Operacionalización de variables

En el cuadro número 1 se muestra las definiciones de las variables independientes y dependientes, así como el indicador

CUADRO 01. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Independiente			
Retención de color	El color es una sensación que producen los rayos luminosos en los órganos visuales y que es interpretada en el cerebro. Se trata de un fenómeno físico - químico donde cada color depende de la longitud de onda.	Son las variaciones que se producen en el color debido al proceso térmico a que son sometidas las conservas de espárrago verde.	Luz visible
Dependiente			
Temperatura	Magnitud física que mide la sensación subjetiva de calor o frío de los cuerpos o del ambiente	Son las temperaturas a las que se someterá las conservas de espárrago verde para observar las variaciones de color	Grados Fahrenheit
Tiempo	Duración de las cosas sujetas a cambio o de los seres que tienen una existencia finita	Son los tiempos a los que se someterá las conservas de espárrago verde para observar las variaciones de color	Segundos
Presión	Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.	Es la presión a la que se someterá las conservas de espárrago verde de acuerdo a las diferentes temperaturas de tratamiento.	MPa

Elaboración propia

CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO REFERENCIAL

El espárrago pertenece a la familia de las Liliáceas como cebollas o puerros, si bien no guarda ninguna similitud de características con ellos. Se le ha llegado a denominar c Es un brote tierno o turión que se forma a partir de una raíz, no ramificada, que se llama “zarpa” o “garra” y que si se deja crecer y recibir la luz solar desarrolla su clorofila adquiriendo tonalidad verde. Las variedades principales para el mercado en fresco se dividen en blancos y verdes, cuyas características figuran a continuación, si bien existe otro tipo de espárrago, el morado (muy apreciado sobre todo en Italia), que básicamente es un espárrago de sabor algo más fuerte, cuya yema y parte del turión ha brotado por encima de la tierra recibiendo la luz del sol adquiriendo rasgos de color violeta o púrpura. Los hay blancos, con la yema y una parte del turión rosa violeta o púrpura, y verdes, los más habituales, parcialmente de color morado y verde.

En la actualidad, el cultivo en invernaderos y el importante flujo de importaciones de contra estación ofrece la posibilidad de consumirlos durante todo el año, o también en conserva con una gran demanda. Aparte de los no híbridos, se hacen también algunos híbridos que se adaptan a la recolección de turiones verdes o blancos, grandes, de buena uniformidad y productividad. (Mercasa, 2005).

2.1.1. Descripción de la materia prima

Familia: Liliáceas.

Nombre Común: “Espárrago”

Nombre científico: *Asparagus officinalis* L.

Variedad: Espárragos verdes o trigerro

2.1.2. Características morfológicas

- **Color:** son blancos o verdes, aunque en algunos casos presentan tonalidades violetas o rosadas como se ve en la Figura 1.
- **Sabor:** muy suave, con un ligero toque amargo a veces imperceptible.
- **Forma:** su forma es alargada, con pequeñas hojas en la punta en forma de escamas.
- **Tamaño:** mide entre 20 y 40 centímetros de largo. El calibre y peso dependen de la categoría a la que pertenezcan.

- **Peso:** 110 gramos.



Figura 1. Espárragos verdes (Fuente: Agrícola Virú, 2007)

2.1.3. Propiedades nutritivas

Según la *Guía práctica de hortalizas y verduras (EROSKI CONSUMER)*, los espárragos frescos están constituidos sobre todo por agua. Su contenido en azúcares y en grasas es muy bajo, mientras que son una de las hortalizas más ricas proteínas. Además, contienen un alto contenido en fibra.

En relación con su contenido vitamínico, destaca la presencia de folatos, provitamina A (beta-caroteno) y de las vitaminas C y E. A excepción de los folatos, el resto cumple una importante acción antioxidante. También están presentes otras vitaminas del grupo B como la B1, B2, B3 y B6.

Los folatos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y la formación de anticuerpos del sistema inmunológico. La vitamina C participa en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes, al tiempo que favorece la absorción de hierro de los alimentos y aumenta la resistencia frente a las infecciones.

La vitamina E colabora en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad. El beta-caroteno es un pigmento que el organismo transforma en vitamina A según sus necesidades. La vitamina A es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

La vitamina B1 interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono. Por ello, los requerimientos de esta vitamina dependen, en parte, del contenido en hidratos de carbono de la dieta. Su deficiencia se relaciona con alteraciones neurológicas o psíquicas (cansancio, pérdida de concentración, irritabilidad o depresión).

La niacina o vitamina B3 facilita el funcionamiento del sistema digestivo, el buen estado de la piel, el sistema nervioso y la conversión de los alimentos en energía.

En cuanto a minerales, los espárragos presentan cantidades importantes de potasio, hierro, fósforo y yodo, además de calcio y magnesio, aunque en menor proporción.

El potasio es necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, además de intervenir en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

El fósforo juega un papel importante en la formación de huesos y dientes, al igual que el calcio. Sin embargo, este último no se asimila apenas en relación con los lácteos u otros alimentos que son buena fuente de este mineral. Algo similar ocurre con el hierro, cuya absorción es mucho mayor cuando procede de alimentos de origen animal.

El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos. Además forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante.

Los espárragos blancos contienen menor cantidad de vitaminas que los verdes, sobre todo si se toma como referencia su aporte de folatos y de vitamina C. También poseen menos asparagina, sustancia que forma parte de su aceite esencial volátil y responsable de su particular sabor.

Por otra parte, los espárragos en conserva contienen menos minerales debido al tratamiento que sufren para su procesado, salvo de sodio, ya que se añade sal (cloruro sódico) como conservante.

Cuadro 2. Composición nutricional de los espárragos por 100 y 25 gramos de porción comestible

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad (25 g)
Energía (Kcal)	15	2
Proteínas (g)	2,7	0,4
Lípidos totales (g)	Tr	Tr
AG saturados (g)	—	—
AG monoinsaturados (g)	—	—
AG poliinsaturados (g)	—	—
ω -3 (g)	—	—
ω -6 (g)	—	—
Colesterol (mg)	0	0,0
Hidratos de carbono (g)	1,1	0,2
Fibra (g)	1,5	0,2
Agua (g)	94,7	14,2
Calcio (mg)	22	3,3
Hierro (mg)	1,1	0,2
Yodo (μ g)	2	0,3
Magnesio (mg)	11	1,7
Zinc (mg)	0,3	0,0
Sodio (mg)	4	0,6
Potasio (mg)	207	31,1
Fósforo (mg)	59	8,9
Selenio (μ g)	1	0,2
Tiamina (mg)	0,12	0,02
Riboflavina (mg)	0,13	0,02
Equivalentes niacina (mg)	1,4	0,2
Vitamina B ₆ (mg)	0,04	0,01
Ácido Fólico (μ g)	30	4,5
Vitamina B ₁₂ (μ g)	0	0,0
Vitamina C (mg)	26	3,9
Vitamina A: Eq. Retinol (μ g)	53	8,0
Vitamina D (μ g)	0	0,00
Vitamina E (mg)	2,5	0,4

Fuente: Tablas de Composición de Alimentos, Fuente: Moreiras *et al.* (2007)

2.1.4. Propiedades funcionales

Anticancerígeno

Por su alto contenido de glutatión, saponinas y folatos, los espárragos ayudan a afrontar el cáncer de tres formas: como preventivo, como

herramienta terapéutica frente a células tumorales y como adyuvante de los tratamientos convencionales al reducir sus efectos secundarios.

Antioxidantes, antialérgicos y antiinflamatorios

Los espárragos son asimismo una rica fuente de flavonoides, especialmente de rutina, un potente antioxidante, que protegen de los rayos ultravioletas, de la contaminación por metales tóxicos y de numerosas sustancias químicas presentes hoy en los alimentos como los colorantes, los conservantes, etc. Asimismo inhiben la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y tienen efectos antiinflamatorios y antialérgicos.

Diuréticas

El espárrago es un diurético natural que se diferencia fundamentalmente de los diuréticos sintéticos. Activa el riego sanguíneo de los riñones lo que contribuye a aumentar la filtración y gracias a ello la eliminación de la orina es mayor sin que se perjudique la relación fisiológica entre la eliminación de la orina y la re-absorción.

Reduce el riesgo de defectos congénitos

Las mujeres embarazadas pueden beneficiarse del espárrago, debido a su alto contenido en folato (el folato es la forma natural y activa del ácido fólico). El ácido fólico presente en los espárragos juega un rol muy importante en los periodos de división y crecimiento celular rápido tanto en la infancia como en el embarazo.

Enfermedades metabólicas

Los espárragos son especialmente útiles en caso de enfermedades del metabolismo producidas por un mal equilibrio de los líquidos corporales. Las yemas de espárragos y sus raíces son uno de los mejores diuréticos naturales, siendo capaces de incrementar la producción de orina en grandes cantidades.

Los responsables de esta propiedad son el aminoácido asparagina, la asparasaponina, la arginina, los minerales calcio, magnesio y potasio, la vitamina C y la fibra. Además su contenido de ácido glicérico y glicólico hacen que los espárragos sea un aliado en las dietas de adelgazamiento.

Esta propiedad puede aprovecharse en el tratamiento de las siguientes anomalías:

- Retención de líquidos
- Obesidad
- Reumatismo
- Gota
- Cálculos renales

Trastornos nerviosos del aparato circulatorio

Los espárragos contienen cantidades significativas de vitamina B que, junto al triptófano, tiene la capacidad de velar por el buen estado de los nervios. Esta cualidad se ha aprovechado para el tratamiento de anomalías circulatorias que tienen su origen en un sistema nervioso descompensado, como las siguientes:

- Arritmia cardíaca
- Espasmos arteriales
- Afrodisíaco

Propiedades sedantes

El espárrago es una fuente vegetal de triptófano, un aminoácido con propiedades sedantes suaves.

Propiedades rejuvenecedoras

Los espárragos constituyen un vegetal con propiedades rejuvenecedoras, cuyo consumo puede mantener la juventud durante mucho más tiempo. Esta propiedad viene aportada con la presencia de ácido fólico. Este ácido contribuye a la creación de células nuevas y también, junto con el hierro, en la producción de glóbulos rojos.

Propiedades desintoxicantes

Los espárragos es también uno de los vegetales que conduce a un aumento del nivel de la glutatión en el organismo. El nivel de glutatión es un marcador pronóstico en casi todas las enfermedades del sistema inmunitario. El

glutación es un antioxidante que consta de 3 aminoácidos: ácido glutámico, la cisteína y la glicina.

Una de las tareas del antioxidante glutación, es la de atacar las células cancerosas, y ayudar al organismo en la lucha contra las enfermedades del Alzheimer.

Además el glutación, no sólo ayuda al hígado en su actividad de desintoxicación, sino que también es responsable de que ésta actividad finalice en un menor tiempo.

2.1.5. Etapas del proceso productivo

A continuación se detallan y explican las etapas que conforman el proceso de fabricación de espárrago en conserva como se ilustra en el flujograma de proceso (Figura 2), para así poder realizar el análisis respectivo:

Recepción de materia prima

Es la primera fase del proceso de fabricación de espárrago en conserva, en ella se recibe la materia prima procedente del campo. La empresa cuenta con materia prima procedente de campos propios, ubicados aproximadamente a una hora de transporte, desde los centros de acopio de los fundos hasta la planta de proceso. Durante la recepción se lleva a cabo una verificación de pesos y una inspección del estado en que llega de la materia prima.

Lavado y desinfección

La materia prima pasa por un proceso de lavado, acompañado de una desinfección, utilizando agua con desinfectante (hipoclorito de sodio) a una concentración de 100 ppm. Para este fin se utilizan tinajas de acero inoxidable en las que se van sumergiendo las jabas con espárrago. Primero en una tinaja con agua pura (lavado) y luego en la tinaja con hipoclorito de sodio (desinfección).

La finalidad de esta operación es bajar la carga microbiana proveniente de los campos de cultivo, a una población mínima y manejable, para las demás etapas del proceso de elaboración.

Corte inicial

A continuación de la operación de lavado y desinfección la materia prima pasa por una máquina cortadora en la cual se le da el tamaño deseado, por lo general se corta a una longitud promedio de 20 cm. También se dispone de un sistema de duchas con agua a presión en la máquina cortadora para lavar la materia prima a medida que se va realizando el corte.

Primera clasificación

La materia prima procedente de los campos viene bajo la modalidad “al barrer”; esto quiere decir que el espárrago viene mezclado tanto en diámetros como en calidad de puntas, además de presentar descartes. Al pasar por esta operación manual, el personal operario retira todos los descartes (turiones que no reúnen condiciones para continuar su proceso), y al mismo tiempo se realiza una clasificación tanto por diámetros como por calidad de puntas. La materia prima clasificada se coloca en jabas previamente lavadas y desinfectadas para su posterior control de pesos y refrigeración. La clasificación se realiza de acuerdo al programa de producción existente y a las especificaciones de los clientes.

Almacenamiento refrigerado

Todas las jabas conteniendo la materia prima, clasificada y pesada es almacenada en una cámara de refrigeración a una temperatura de + 2 a +4 °C en espera de la continuidad de su proceso. En la cámara de refrigeración se lleva un control de pesos tanto a la entrada como a la salida antes de iniciar la etapa de pelado.

Pelado

Es una operación manual, mediante la cual se elimina la capa externa de los turiones (peladuras); realizada por personal femenino entrenado y calificado (peladoras). Para esta operación se utilizan cuchillos peladores especiales, graduables y de acero inoxidable. La eficiencia del pelado depende de buen uso o manejo del cuchillo por parte de las operarias, quienes están a cargo de una supervisora permanente en línea, y respaldada por un Jefe de Turno de Producción.

Es importante mencionar que en esta etapa el producto inicia un proceso continuo a través de fajas transportadoras, la cual las conduce a las siguientes operaciones hasta finalizar en el cerrado de envases.

La materia prima que se reparte a las peladoras está sujeto a un programa de producción, el cual se elabora de acuerdo a la demanda existente y a la disponibilidad de materia prima. Se empieza por terminar el saldo que queda en cámara del día anterior, para así evitar el envejecimiento de la materia prima y luego sigue la materia prima del día.

Clasificación

Si bien es cierto que la materia prima entregada al área de pelado es una materia prima clasificada de acuerdo a las especificaciones del cliente, por ser esta una operación manual los diámetros resultantes de esta operación no son uniformes, de igual forma la primera clasificación nunca es perfecta.

Mediante la etapa de clasificación se trata de corregir estas desviaciones, continuando a la siguiente etapa del proceso sólo la materia prima destinada a un producto específico. Los turiones que por diámetro o calidad de punta no cumplen con las especificaciones del producto que se está pasando, son retenidos y almacenados en jabas para luego continuar su proceso.

Esta operación se realiza manualmente por operarias entrenadas, quienes se basan en las especificaciones indicadas por los clientes, para cada referencia de envase. Los criterios de clasificación empleados son diámetros y tipos de puntas.

Corte final

Se realiza a través de una máquina cortadora, la cual cuenta con faja transportadora para desplazar el producto y un sistema de corte, fácil de calibrar para el tamaño de formato que se desee trabajar.

Escaldado

Se realiza mediante un sistema de vapor directo continuo. Esta etapa tiene la finalidad de inactivar las enzimas causantes del pardeamiento, eliminar el aire de las células del turión, ablandar el tejido del turión y permitir un fácil manipuleo durante la siguiente operación de envasado.

Se emplea máquinas escaldadoras que cuentan con fajas transportadoras. La velocidad de la faja así como la temperatura de escaldado depende básicamente del diámetro del turión.

Enfriamiento

Se realiza con agua a una concentración de cloro de 2ppm, a continuación de la operación de escaldado. Al igual que las máquinas escaldadoras la etapa de enfriado también se realiza mediante fajas transportadoras.

Envasado

Se realiza manualmente, por operarias entrenadas con las especificaciones por referencia de producto y ubicadas a cada lado de la faja transportadora que está a continuación de las operaciones de escaldado y enfriado. Las operarias colocan el producto en envases según el formato (tipo de envase) que se esté trabajando y en la posición siguiente: con las puntas hacia arriba, para el caso de frascos y envases de hojalata circulares y en posición horizontal para el caso de envases de hojalata de forma rectangular.

Pesado

Paralelamente a la operación de envasado se realiza el control de pesos para cada uno de los envases y formato que se esté procesando, a través de balanzas electrónicas.

El control de pesos al 100 % de los envases se realiza con la finalidad de conseguir después del tratamiento térmico el peso drenado (peso escurrido - vienen a ser el peso que se obtiene luego de escurrir al espárrago por un período de dos minutos) que solicita el cliente a través de sus especificaciones de calidad. Se toma en cuenta que durante el esterilizado (o tratamiento térmico) el peso merma entre un 2% y 4%.

Adición de líquido de gobierno

Consiste en adicionar directamente un líquido de cubierta, previamente preparado, a los envases que contienen producto previamente pesado. El líquido de gobierno es preparado en marmitas de acero inoxidable y calentados con vapor a través de serpentines. Básicamente el líquido de gobierno contiene agua, sal y ácido cítrico.

Exhausting

Los envases conteniendo producto más líquido de gobierno, pasan por un pequeño túnel de calentamiento, con la finalidad de mantener la

temperatura del envase, para asegurar un buen vacío en su etapa de cerrado y por consiguiente en su producto terminado.

Cerrado

Se realiza manualmente por operarios entrenados, para el caso de envases de vidrio y mediante máquinas cerradoras semiautomáticas para el caso de envases de hojalata.

Tratamiento térmico

Luego de la operación de cerrado los envases son depositados en canastillas y llevados, una vez completada la canastilla, al área de esterilizado.

El tratamiento térmico se realiza a través de autoclaves programables y operadas por personal entrenado. El objetivo de esta etapa es la destrucción de todos los microorganismos viables importantes para la salud pública.

En especial el *Clostridium botulinum*. Los parámetros utilizados para el tratamiento térmico del producto son: temperatura, tiempo y presión. Los cuales han sido previamente establecidos mediante pruebas de penetración de calor, para trabajar con un $F_0 \geq 6$. Los equipos de tratamiento térmico cuentan con los instrumentos de control necesarios como: termómetros de mercurio, manómetros de presión y termo registradores.

Con fines de prevención se cuenta con un grupo electrógeno a disposición para los casos en los cuales la energía de la red pública haya sufrido un corte.

Secado y limpieza de envases

Las canastillas conteniendo los envases con producto que salen de las autoclaves, pasan a una operación de secado y limpieza en el almacén de producto terminado. Esto para facilitar la posterior operación de codificado.

Codificado

Se realiza en una máquina codificadora de dos cabezales. El código es colocado sobre la tapa del frasco o de la lata con la finalidad de poder realizar la trazabilidad del producto, tanto dentro de los almacenes del fabricante como en los almacenes de clientes o centros de distribución al consumidor. A través del código nos es posible establecer el día de producción, la hora de fabricación y una serie de información relevante respecto de cada una de las

etapas de producción, llegando incluso a establecer el campo en el que se cosechó dicho espárrago.

Pre – almacenaje

Los envases conteniendo producto terminado, que han pasado por la codificación previa, son colocados por niveles en paletas, con su respectivo kardex de identificación, en espera de la calificación efectuada por el área de aseguramiento de calidad (calificación organoléptica y microbiológica) Ambos análisis son realizados por personal de laboratorio de la empresa.

Empaque final

Recibida la calificación de calidad, el almacén de producto terminado procede a realizar el empaque de acuerdo a la solicitud del cliente, como se indica a continuación: codificado y paletizado, codificado, etiquetado y paletizado, codificado, etiquetado y encajado, etc.

El empaque propiamente dicho se efectúa en pallets (parihuelas de madera), cuyo número de envases lo especifica el cliente, seguido de un ajuste adecuado para lo cual se usan sunchos y plástico stretch-film. Las unidades por caja también se colocan de acuerdo a la solicitud del cliente.

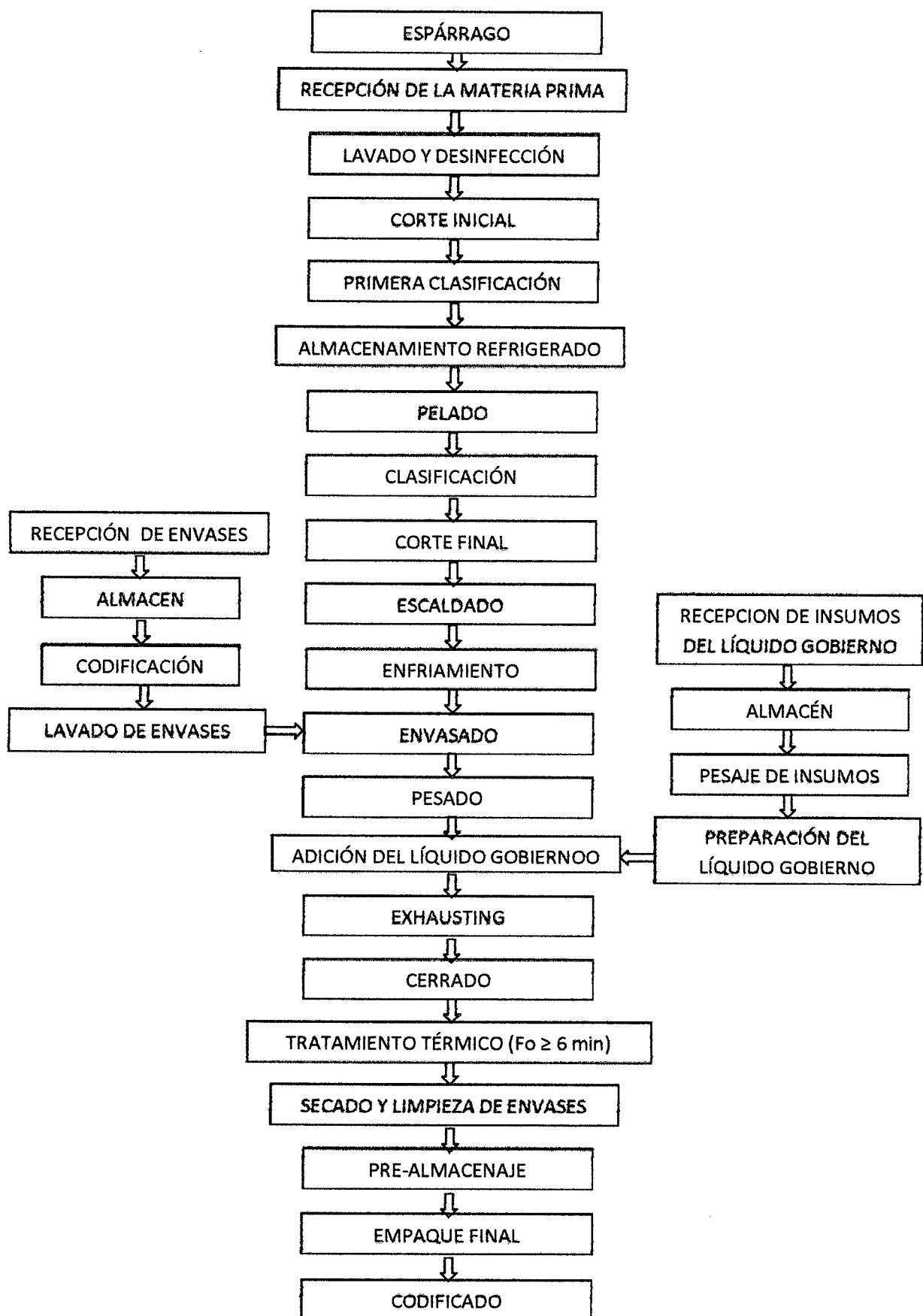


Figura 2: Diagrama de flujo del proceso productivo (Fuente: Manual Agroindustrias AIB, 2007)

2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS (Y/O CONCEPTUALES)

2.2.1. Tratamiento térmico

Miranda *et al.* (2010) señala en la industria de los alimentos, el término procesamiento o tratamiento térmico se utiliza para describir el proceso de calentamiento, mantenimiento a temperatura constante y posterior enfriamiento que se necesita para eliminar el riesgo de una posible enfermedad provocada por la ingestión de alimentos. La pasteurización y esterilización comercial son procesos térmicos diseñados para un microorganismo patógeno *Clostridium botulinum*.

El proceso térmico ha sido tratado por varios autores como Bigelow *et al.* (1920), Ball (1923,1928), Ball y Olson (1957), López (1969), Stumbo (1973), NFPA (1980), Teixeira (1992) y Holdsworth y Simpson (2007). Según Singh y Heldman (2009) citado por Miranda *et al.* (2010), expone que se entiende por tratamiento térmico como una aplicación de calor por medio de una operación que puede tener diferentes objetivos en el proceso de un alimento, como son:

- ✓ Destruir microorganismos patógenos.
- ✓ Reducir o eliminar microorganismos dañinos para prolongar la vida de almacén.
- ✓ Eliminar enzimas que podrían causar degradaciones de la calidad del producto.

Las operaciones más conocidas que involucren un tratamiento térmico son el blanqueado, pasteurización, esterilización y procesamiento UHT (Ultra Alta Temperatura) unido a un envase aséptico. Si se trata de aplicación de calor se podría pensar en considerar también otras operaciones como: secado, horneado, fritura, etc. Sin embargo el objetivo principal de estas últimas no está directamente relacionado con la destrucción de microorganismos o enzimas si no con la producción de cambios físicos en el alimento.

De lo anterior se puede deducir que se considera como procesamiento o tratamiento térmico, todo proceso que busca destruir microorganismos o enzimas mediante la aplicación de calor, para prolongar la vida del producto o prepararlo para una operación posterior. La cinética de inactivación térmica microbiana, principalmente de los parámetros que describen las temperaturas letales en la inactivación de una población de microorganismos es necesaria para el cálculo y evaluación de los tratamientos térmicos (Morales-Blancas y

Torres, 2003). El objetivo principal de un tratamiento térmico es lograr la estabilidad sensorial y microbiológica de un alimento durante su vida de anaquel.

2.2.2. Factores que afectan la penetración de calor durante el tratamiento térmico

Mendoza (2003) expone que es importante reconocer los factores que influyen la velocidad de transferencia de calor, cuando los resultados obtenidos experimentalmente mediante el uso de termocuplas han de ser reproducidos a escala comercial. Además de un funcionamiento correcto del autoclave y de los procedimientos de evacuación hay otros muchos factores que tienen gran importancia, tales como: los relacionados con el llenado, con los ingredientes, con la preparación, color y con el proceso.

Llenado

En cualquier alimento enlatado, la velocidad de penetración de calor se ve afectada por la gradiente de temperatura entre el envase y el autoclave: la velocidad disminuye y al haber una diferencia de temperatura, de modo tal, que se va acercando asintóticamente a la temperatura del autoclave. En virtud del efecto del gradiente térmico en la penetración de la temperatura, un envase llenado en frío, alcanzará la temperatura del autoclave aproximadamente en el mismo tiempo que otro parcialmente calentando, lo que en ningún modo disminuye la importancia del llenado en caliente de los envases, puesto que estos alcanzarán una temperatura letal antes que los fríos.

Cuando se envasan sustancias sólidas en el seno de líquidos, la penetración se ve afectada tanto por la producción sólido-líquido, como por la disposición de los sólidos en el interior de los líquidos. La presencia de espacios vacíos, que permiten las corrientes de convección facilitan la transmisión de calor; en este sentido es también de gran importancia la misma disposición de los botes en el autoclave, sobre todo si se contienen productos tales como: espárragos, apio, etc. Debido a que los espacios dispuestos verticalmente entre las piezas, facilitan las corrientes de convección, corrientes que se verían entorpecidas si los botes se colocaran en posición horizontal.

Los sólidos envasados con holgura en el interior de líquidos que se calientan más rápidamente que los que están apretadamente, de esto se infiere que el margen de seguridad de un tratamiento térmico es pequeño y se llena el envase con exceso de sólidos, es muy fácil de prever que el proceso será insuficiente.

Factores relacionados con los ingredientes

Son varios los factores relacionados con el producto que pueden afectar la velocidad de penetración de calor, por ejemplo la turbidez de frutas y hortalizas y la dureza de ciertas hortalizas tales como bulbos de apio. Estas variaciones depende principalmente entre otras de las condiciones climatológicas durante la estación de crecimiento y de producción (húmeda o seca), de las condiciones almacenamiento en la recolección y elaboración de la materia prima y de la madurez de la cosecha del producto a emplearse.

La capacidad de los sólidos de absorber líquidos de cobertura, dará lugar a cambios en la proporción de sólidos/líquidos del envase.

Factores relacionados con el proceso

Puesto que el tiempo requerido para extraer el aire del autoclave y elevar la temperatura al tratamiento térmico puede no ser el mismo en la práctica industrial que en los experimentos de control, es preciso conocer sus efectos sobre el proceso integro. Ball (1928) estableció experimentalmente que al tiempo de tratamiento térmico a la temperatura del autoclave debe añadirse el 42% del tiempo de elevación, y Alstrand y Benjamin (1949) han confirmado que debe utilizarse esta cifra en los productos que se calientan por conducción o convección, puesto que durante el citado periodo la temperatura del autoclave a un ritmo uniforme o logarítmico.

Como ya se ha mencionado, la agitación de los envases durante el tratamiento térmico aumenta considerablemente la velocidad de penetración de calor en los contenidos líquidos, al trasladar las porciones líquidas calientes a regiones más frías del envase. La agitación solamente es ventajosa para los productos que son demasiado viscosos, para permitir las corrientes de convección, pero con la cantidad suficiente de líquido que permita su mezcla por agitación también para los sólidos envasados con líquidos. Las investigaciones de Evans y Board (1954) sobre la transmisión térmica a través del espacio de cabeza, indican que este puede ser un factor determinante en los envases bajos y anchos, y los efectos del espacio de cabeza deben tenerse en cuenta a trasladar los datos obtenidos para un tipo de envases a otros, de forma distinta.

En ciertos productos, la fase de enfriamiento contribuye mucho a la letalidad del tratamiento como un todo. Board *et al.* (1960) han investigado en envases calentados por conducción la influencia ejercida en la letalidad del enfriamiento por una serie de factores como el tipo de alimento, vacío de la

lata, presión del autoclave y tiempo empleado para el corte del vapor y aplicación del agua fría.

En un producto dado, tanto la forma como el tamaño del envase influyen mucho en la penetración del calor, que depende en gran parte, de la relación entre la superficie y volumen del recipiente. Los envases pequeños se calientan rápidamente porque la superficie es puesta al calentamiento es grande en relación con su volumen.

2.2.3. Fundamentos color

Generalmente las personas confunden color con tono (rojo, verde, azul, etc.) y emplean una serie de palabras para ofrecer una mejor descripción indicando si es claro u oscuro o si es pálido o fuerte, o si es saturado o no. La forma coloquial de especificar el color no es adecuada, porque no permite describir correctamente el estímulo de color concreto al que se hace referencia. Las bases de la teoría del color se fundamentaron en la antigua Grecia. Empédocles (-500 a -430) afirmaba que los colores básicos eran el blanco, el negro, el rojo y el ocre amarillento, los que hacía coincidir con su teoría de los cuatro elementos: fuego, tierra, agua y aire. Demócrito de Abdera (-460 a -370), adoptó una posición de carácter más físico, poniendo el énfasis en su teoría atómica. Platón (-427 a -347), maestro de Aristóteles, presentó su propia teoría acerca de la percepción de color, la cual explicaba aspectos que hoy resultan muy extraños. Pero la primera teoría formal acerca del fenómeno del color (y sin duda una de las que más ha influenciado a los pensadores hasta el advenimiento de la ciencia moderna) fue la propuesta por Aristóteles de Estagira (-384 a -322) denominada "Teoría de la Secuencia Lineal". En los tiempos modernos, fueron los estudios acerca de la luz, el color y las investigaciones con prismas, realizados por el matemático y físico inglés Isaac Newton (1642-1727) publicados en su obra "Opticks", los que establecieron las bases de la teoría del color. Posteriormente Young (1773-1829) basado en el trabajo de Newton, estableció un principio que hoy nadie discute: la luz es color.

El color es un fenómeno fisicoquímico asociado a las infinitas combinaciones de la luz, en las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético, que perciben las personas a través de los ojos como una sensación y que les permite diferenciar los objetos con mayor precisión. El color es una apreciación subjetiva. Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja (y/o esparce) lo restante. Las ondas reflejadas (y/o esparcidas) son captadas por el ojo e interpretadas por el cerebro como colores según las longitudes de ondas

correspondientes, comprendidas entre 380 nm y 780 nm. El ojo humano sólo percibe el color cuando la iluminación es adecuada. En él hay células receptoras de luz en forma de cono y barra. Los receptores en forma de cono son responsables de la luz de día y la visión del color. Existen tres tipos de estos receptores sensibles al rojo/magenta, verde/amarillo y azul. Los receptores en forma de barra en el ojo son los responsables de la visión nocturna (para la iluminación de día se presentan “saturados”). Si la especificación del color es importante, no lo es menos que exista una correlación entre las diferencias de color percibidas y la distancia que separa los estímulos en un espacio de color. Por este motivo, desde hace muchos años se intenta desarrollar sistemas de color en los que se cumpla esta condición para el mayor número de tonos posible.

En 1986 la “Comisión Internationale de L’Eclairage” (CIE), para lograr una representación perceptualmente uniforme del color (uno de los métodos para determinarlo objetivamente, basándose en la determinación de valores triestímulo XYZ) estableció el espacio CIE-LAB (Figura 3). Este espacio vectorial utiliza una terna de ejes ortogonales, se basa en el modelo de los colores opuestos, y en cada color a partir de unas coordenadas denominadas L^* (claridad/oscuridad: 0, negro, a 100, blanco); a^* (“+60” intensidad de color rojo y “-60” de color verde), y b^* (“+60” intensidad de color amarillo y “-60” de color azul), según el método de Grassmann. De esta manera, los colores se representan en el espacio a unas distancias proporcionales a las diferencias visuales entre ellos. Es, por tanto, un sistema recomendado para mediciones industriales del color de los alimentos. El Sistema CIELAB es independiente del dispositivo empleado para la determinación de sus parámetros. Al igual que en los sistemas industriales de medición del color, el sistema CIELAB es utilizado en aquellas aplicaciones que requieran una medida precisa de la distancia perceptual entre dos colores (Ramírez Nava, 2010).

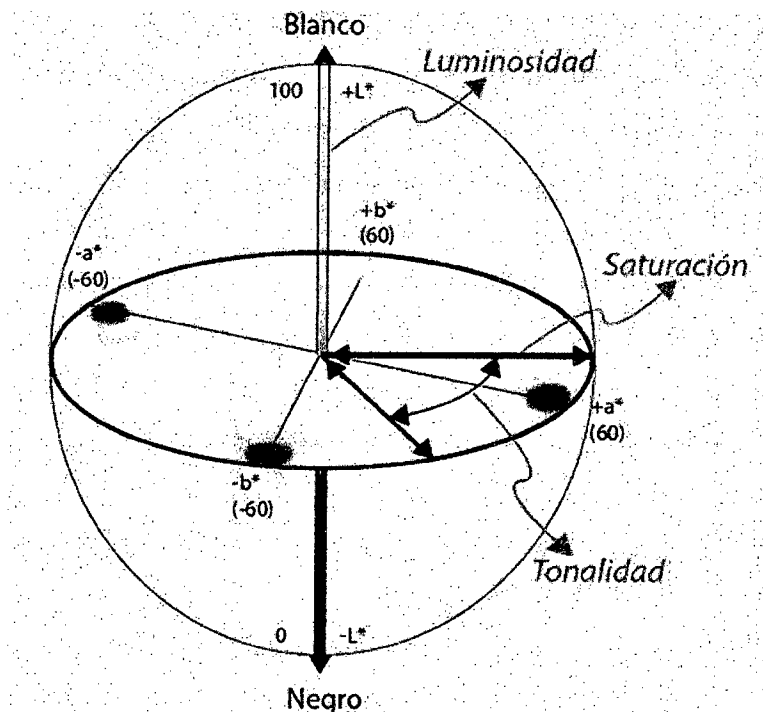


Figura 3. Sistema CIELAB (Fuente: Verduset, 2010)

2.2.4. Medición del color en alimentos

El color de un alimento estará influenciado por la absorción de la luz por las partículas de ese alimento. La demostración clásica se ha dado con la apariencia de algunas piezas de vidrio de una botella de cerveza de color verde obviamente estos pedazos aparentemente son verdes: sin embargo, cuando dichas piezas son pequeñas tienen una apariencia blanca más que verde debido a una deflexión múltiple entre las partículas (Hunter, 1975).

El color en la mayoría de los alimentos es la combinación de los parámetros de absorción y dispersión de la luz sobre el alimento. El color como lo percibe el ojo humano está influenciado por las coloraciones del medio ambiente. Por ejemplo el color de ciertas manzanas rojas tiene una apariencia más oscura cuando tienen un empaque ocre a diferencia de cuando tienen un empaque blanco, de igual manera el color tiene una mayor brillantez cuando está aplicado en un área, que cuando ése mismo se aplica a pequeñas áreas; esto ocurre frecuentemente cuando se hace una prueba de pintura en una tienda y luego se aplica en una pared, ambos colores parecen ser diferentes a pesar de que se trata de la misma muestra de pintura. En ambas situaciones el cerebro aparentemente no posee la información suficiente como para ser un juicio correcto de lo que está ocurriendo. Entre los procedimientos para medir

el color en alimento se cuenta con métodos comparativos (comparación visual con una colección de colores patrón y el alimento) e incluyen el sistema Munsell, el Atlas Ostwald, el Atlas DIN y el Atlas de Maerz y Paul; y los métodos instrumentales: espectofotométricos, colorimétricos triestímulo, colorimétricos visuales (Jimenez y Gutierrez, 2001).

2.2.5. Sistemas de color

Los sistemas de color combinan los datos de los tres elementos del color, la fuente de luz, el observador y el objeto. Estos sistemas son herramientas para comunicar y documentar el color y sus diferencias. El sistema recomendado por la CIE y el más ampliamente usado hoy día, es el sistema CIE Lab. Este consiste en dos ejes cartesianos a^* y b^* según la figura 3, los cuales están en ángulo recto y representan la dimensión del tono o color.

El tercer eje es el de la luz L^* y es perpendicular al plano a^*b^* . Dentro de este sistema cualquier color puede ser especificado con las coordenadas L^* , a^* , b^* . Alternativamente L^*, C^*, h° , son comúnmente usadas. C^* (croma) representa la intensidad o saturación del color, mientras que h° es otro término para expresar el ángulo actual.

Para mantener el color dentro de un color objetivo, se debe establecer un patrón y controlar contra éste los productos de la producción de una empresa. Por esto mismo se establece una comunicación de color en términos de diferencias o más bien valores absolutos.

El cambio total del color está dado por ΔE^* , que es comúnmente usado para representar la diferencia de color. Este se obtiene de la ecuación siguiente:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$$

Para determinar el cambio en el color, las diferentes variaciones o deltas ΔL^* , Δa^* , Δb^* , deben ser usadas (Barrios, 2002).

2.2.6. Sistema de visión por computadora

La visión por computadora, también conocida como visión de máquina o procesamiento de imágenes por computadora es la ciencia que ha desarrollado teóricamente y algorítmicamente por software para extraer y analizar una imágenes o secuencia de imágenes.

Este desarrollo tecnológico simula la visión humana debido a que el ser humano puede observar un objeto y percibir sus características físicas basado

en el reflejo de luz recibido del objeto iluminado con luz artificial o natural, de forma que la esencia de la observación por un sistema de visión por computadora.

Los componentes esenciales de un sistema de visión por computadora son:

- ✓ Computadora o laptop, que trabajará simulando el cerebro humano.
- ✓ Cámara de fotos, que simulará los ojos humanos.
- ✓ Sistema de iluminación, que facilitará la captura de la imagen.
- ✓ Software para procesamiento de imágenes, que digitalizará la imagen en la laptop.
- ✓ Monitor, que nos mostrará el procesamiento de la imagen.

Un típico sistema de visión por computadora encierra una serie de pasos, los cuales pueden ser agrupados en tres puntos:

- ✓ Adquisición de imágenes, que tiene que lidiar con la correcta iluminación del objeto y de la cámara a utilizarse.
- ✓ Procesamiento de imágenes, que va unido al pre-procesamiento de la imagen como es la segmentación y remoción de imperfecciones.
- ✓ Interpretación de la Imagen ya procesada por el software.
- ✓ Análisis y contraste de los valores obtenidos bajo el sistema CIELAB.

Reviste interés la utilización de cámaras digitales para la medida del color en imágenes, que ofrecen ventajas como, resolución ajustable y menor costo económico, en comparación con los instrumentos convencionales. Diferencias de color obtenidas por medio de una cámara digital fueron similares a las obtenidas mediante espectrofotómetro en un estudio llevado a cabo por Valencia et al. (2003).

Los SVC han encontrado gran aplicación en la agricultura, en especial, en las etapas de maduración de cultivos, durante las operaciones de procesamiento de alimentos y en el control de calidad de materias primas y alimentos procesados (Brosnan y Sun 2004). El mayor problema que se presenta cuando un SVC es usado para la clasificación automatizada es un efecto socio-económico que consiste en la reducción del empleo cuando el número de operadores requeridos en una línea de procesamiento es reducido (Raji y Alamutu 2005).

El espacio de color RGB es el más usado en cámaras digitales, procesamiento de imágenes, gráficos y sistemas multimedia (Martínez-Verdú 2001, Petro-Balaguer 2006); es un sistema aditivo (Lee et al. 2005) basado en los colores que estimulan los 3 tipos de conos en la retina humana y por tanto es un modelo de colores inspirados fisiológicamente (Petro-Balaguer 2006). Como espacio de color, está muy extendido el espacio CIE de coordenadas L^* , a^* y b^* , cuyos valores se obtienen a partir de los valores triestímulo XYZ. Los parámetros de color L^* , a^* y b^* en una muestra de alimento, designan: L^* , la luminosidad; a^* , el color rojo (valores positivos) o verde (valores negativos) y b^* , el color amarillo (valores positivos) o azul (valores negativos) (Ortiz-Alfaro 2003). Utilizando fórmulas estándar los valores RGB de las cámaras digitales se transforman en valores triestímulo CIE-XYZ y posteriormente a valores CIE- $L^*a^*b^*$ (Valencia 2007).

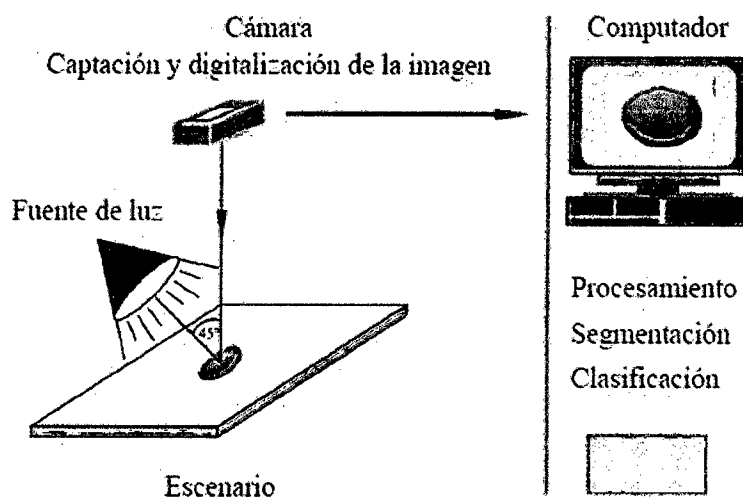


Figura 4. Sistema de Visión por Computadora (Fuente: verduset, 2010)

2.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

A nivel nacional no se han realizado investigaciones sobre espárrago verde en conserva, sin embargo en el extranjero se han realizado diversos estudios con respecto al tratamiento térmico y color en diferentes productos en conserva.

Entre estos estudios se encuentran el estudio “Aplicación de tratamientos térmicos a pimientos cherry (*C. annuum*, L. Cv “cherry”) cortados realizado por Sgroppo, Sonia C et al. realizado en el año 2005 en la Universidad Nacional del Noroeste. La metodología que se utilizó fue la siguiente para la obtención: Se trabajó con pimientos cherry (*C. annuum*, L. cv “cherry”) en dos estadios 90% rojo y rojo intenso. Se los procesó dentro de las 36 horas de haber sido cosechados, sometiendo a los frutos enteros a un prelavado con agua corriente, desinfección por inmersión

en agua clorada (100ppm, 20 segundos), enjuague con agua destilada y escurrido. Un lote de 40 pimientos se dejó como control y el resto fue sometido a tratamientos por inmersión en un rango de 50°C a 60°C y distintos tiempos (60'' a 180''). Se colocaron en bandejas PET cristalinas cubiertas con film autoadherente en 3 presentaciones: frutos enteros, descorazonados y cortados en mitades y cuartos. Se almacenaron a 10°C. Cada ensayo se repitió en dos oportunidades. A tiempos predeterminados se retiraron las muestras para efectuar los análisis correspondientes. Se hicieron determinaciones de azúcares reductores por el método de la antrona (5) y de la capacidad antioxidante del material utilizando el radical DPPH" (4). La evaluación sensorial fue realizada por un panel entrenado de 8 personas, determinándose aceptabilidad/ rechazo.

Con respecto al sistema de visión por computadora que se plantea en este estudio existen varias investigaciones en diferentes frutas y hortalizas que corroboran la gran correlación que tienen los resultados obtenidos con los medido utilizando equipos colorimétricos.

Misimi *et al.* (2007) señalan que un sistema de visión computarizada (SVC) consiste en la instalación de un escenario iluminado, una cámara para la captación de imágenes y un computador para el procesamiento de éstas; lo cual involucra la segmentación, la cuantificación y la clasificación de las imágenes y objetos de interés de esas imágenes para la toma de decisiones. Una vez que la cámara está caracterizada y las condiciones de observación fijadas, el dispositivo puede utilizarse a modo de colorímetro para medir el color (Valencia 2007).

Mendoza y Aguilera (2004), implementaron un SVC para identificar estados de maduración de bananas basados en el color y desarrollo de manchas oscuras, el cual consistió en un sistema de luces, el empleo de una cámara digital y el procesamiento de las imágenes mediante un software que permitió mejorar la calidad de las imágenes, realizar el análisis de color, cuantificar las manchas oscuras e incluso adquirir información sobre la textura de la superficie de los frutos. Este sistema también fue utilizado en hojuelas de papa fritas para evaluar características de color y textura con el propósito de clasificar la apariencia para modelar preferencias de calidad (Mendoza *et al.* 2007).

En cuanto a estudios del color en conservas de espárragos verdes no se han desarrollado investigaciones en el país utilizando sistema de visión por computadora (SVC) es por esto que se plantea en este estudio crear una metodología innovadora y fácil de usar para poder generar más estudios de penetración de calor y evaluación de color en diferentes productos de la región utilizando técnicas de análisis no destructivos en alimentos.

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO, MODELO TEORICO, MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo

El tipo de orientación es de desarrollo tecnológico ya que se deseará obtener parámetros no establecidos por otros autores en este proceso tecnológico en particular.

El tipo de muestra es probabilística ya que todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos.

3.1.2. Modelo teórico

El modelo teórico será un análisis de regresión para la creación de diferentes gráficas de tratamientos térmicos. La unidad de análisis serán las conservas de espárragos verdes en envases de vidrio. Se realizará un muestreo al azar entre todas las muestras y se escogerán tres muestras de cada lote después de la pasteurización de las muestras.

3.1.3. Método

En el caso del método, este va a ser experimental, porque en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar una hipótesis (Bernal, 2006.)

3.1.4. Diseño

El diseño de la investigación va ser experimental, porque se va a manipular más de una variable independiente como son la posición de la termocupla dentro del envase de vidrio el tiempo y la temperatura durante el tratamiento térmico de las conservas de espárragos verdes. Se analizarán las consecuencias sobre la manipulación que se tiene sobre las variables dependientes que serán el parámetro a^* medido por el sistema de visión por computadora de las fotografías que se tomarán antes y después del tratamiento térmico y el porcentaje de retención del color verde en las conservas de espárragos.

3.2. METODOS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

3.2.1. Método de investigación

El método que se empleará para el desarrollo de esta investigación estará basada en la observación de estados de resultados y en observación de experimentos, utilizando guías de observación.

3.2.2. Instrumentos de la investigación

3.2.2.1. Materia Prima

Espárragos verdes

3.2.2.2. Equipos e Instrumentos

1. Autoclave Semi Industrial de 12 Litros KERT – LAB ®.
2. Termocuplas Tipo T.
3. Receptores para termocuplas.
4. 3 conectores para termocuplas.
5. Junturas para los conectores y receptores de las termocuplas CNS tipo T Ecklund- Harrison ®.
6. Cámara Fotográfica PANASONIC.
7. Laptop para la Adquisición de Datos de Termocuplas.
8. Balanza analítica. Mod. N0 AP210S.OHAUS.
9. Refractómetro ABBE.
10. Pie de Rey Digital PCE-DCP 500.
11. pH metro
12. Salinómetro
13. Refrigeradora – Congeladora. General Electric.

3.2.2.3. Materiales

- 500 envases de vidrio con capacidad de 212 ml (61.11 x 117.50).

- 500 tapas metálicas de 58 mm.
- 4 Cuchillos de Acero Inoxidable.
- 4 Tablas de Cocina de plástico.
- Matraces Erlenmeyer.
- 5 Vasos de precipitación.
- 4 Baguetas.
- 4 Focos Flourecentes.
- de 25 kW de luz Blanca

3.2.2.4. Insumos

- 5 kilos de sal común.
- Ácido Cítrico de Grado Alimentario con 99.5 % de pureza.
- 100 g de NaOH 0.1 N.

3.2.2.5. Software para el tratamiento de Datos

- **Microsoft Excel 2010 ®**, para el cálculo de los parámetros de penetración de calor.

3.2.3. Métodos de análisis

3.2.3.1. Análisis fisicoquímicos

- **pH.** Método potenciométrico, AOAC (1995).
- **Acidez Total.** Método de Titulación con NaOH 0.1 N expresado como ácido cítrico (%), AOAC (1995).
- **Índice de Madurez.** Relación de los sólidos solubles entre la acidez total para el espárrago verde.

3.2.3.2. Análisis físicos

- **Tamaño y Peso.** Norma Técnica Peruana NTP 209.403:2007.
- **Medición del peso bruto, peso neto y peso escurrido.** Se siguió la metodología recomendada por la AOAC (1995).
- **Medición del Líquido de Gobierno.** S

3.2.4. Sistema de visión de por computadora

- 01 Caja color gris estándar de dimensiones internas de 48 cm de ancho, 62 cm de largo y 48 cm de alto.
- 01 Sistema patrón de iluminación (iluminante D65).
- 01 Cámara digital.
- 08 metros de tela negra.
- 04 focos de 18 Watts, Phillips.

3.3. TIPO Y TECNICAS DE MUESTREO Y DE RECOLECCION DE DATOS

3.3.1. Población

La producción de espárragos que se comercializa en los supermercados de la ciudad de Piura

3.3.2. Muestra

Considerando el número de ensayos y repeticiones se adquirirá 20 kg de materia prima de espárragos verdes.

3.3.3. Técnica de muestreo

La técnica de muestreo será simple, aleatoria y al azar

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL Y TECNICAS DE PROCESAMIENTO, ANALISIS E INTERPRETACION DE LA INFORMACION

3.4.1. Etapas del trabajo experimental

A. Estudio de las distribución de calor en el autoclave

El presente estudio plantea realizar por triplicado la prueba de ubicación de la zona más fría dentro del autoclave vertical de 12 Litros KERT-LAB®, se utilizarán 3 termocuplas tipo T de cobre-costantán que serán insertadas a través de una *packing gland* de la marca Ecklund-Harrison ® y serán ubicados en 3 zonas del autoclave, como se observa en la Figura 6.

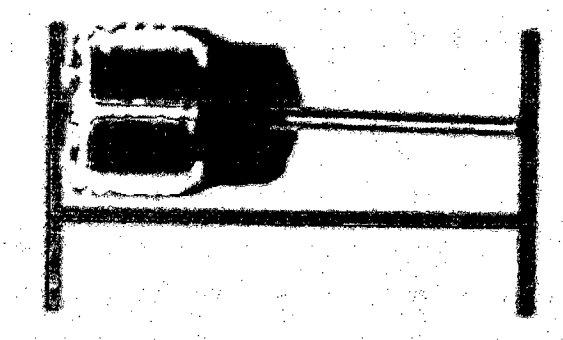


Figura 5. Termocupla tipo T

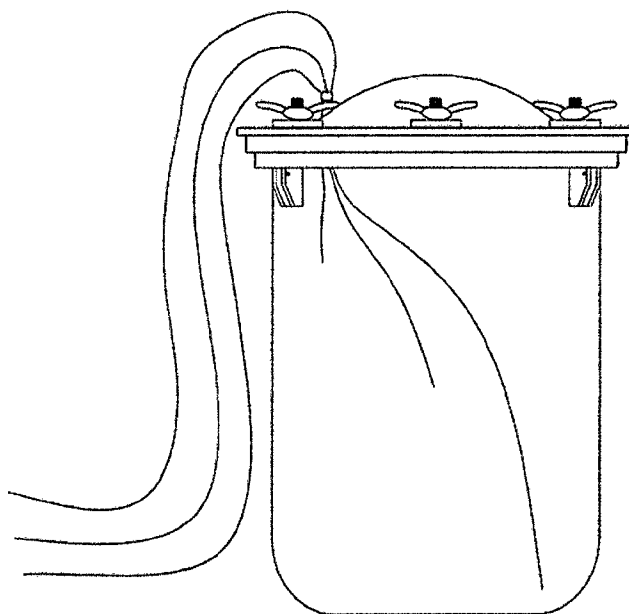


Figura 6. Esquema de la ubicación de las termocuplas en el autoclave KERT-LAB®.

B. Estudio de penetración de calor en conservas de los espárragos verdes

La determinación de las características de penetración de calor se realizarán con la finalidad de evaluar las condiciones de procesamiento según el método propuesto por Ball (1923) y la consecuente degradación del parámetro de color a^* por el método de Jen *et al.* (1971).

Para la obtención de las curvas de calentamiento, se procederá a determinar el punto de calentamiento más lento (punto más frío) en el recipiente, a través del siguiente equipo y procedimiento:

1. Dentro de cada envase de alimentos existe un punto o región en donde el calor se transmite más lentamente que en cualquier otra parte del envase. Esto se refiere como el punto de más lento calentamiento, el cual será localizado utilizando termocupas o sensores inalámbricos de temperatura en diferentes posiciones del envase identificando de esta forma la forma de calentamiento del envase dentro de la autoclave.

2. Debido a que se utilizarán envases de vidrio de las medidas 110 mm y 160 mm, se mandarán a fabricar tres 3 termocupas con las medidas correspondientes a las posiciones planteadas por la metodología propuesta por Tucker (2011).

Las medidas de las 3 termocupas para los frascos de capacidad de 212 cm³ y con una altura de 110 mm serán:

- Centro Geométrico 55 mm
- 9 mm debajo de Centro Geométrico 64 mm
- 18 mm debajo de Centro Geométrico 73mm

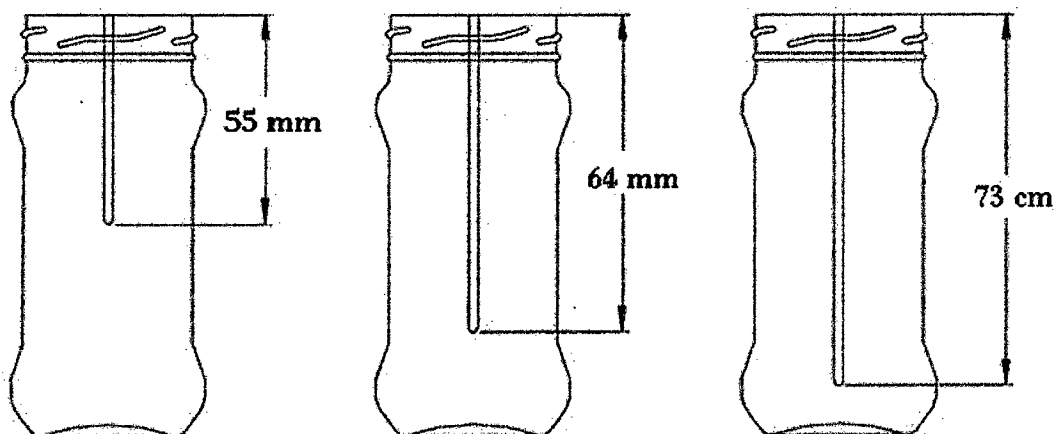


Figura 7. Posición de las termocupas en los envases de vidrio de capacidad de 212 cm³ de las conservas de espárragos.

Las medidas de las 3 termocuplas para los frascos de capacidad 370, 580 y 720 cm^3 , y todos con una altura de 160 mm serán:

- Centro Geométrico 80 mm
- 27 mm debajo de Centro Geométrico 107 mm
- 40.5 mm debajo de Centro Geométrico 120.5 mm

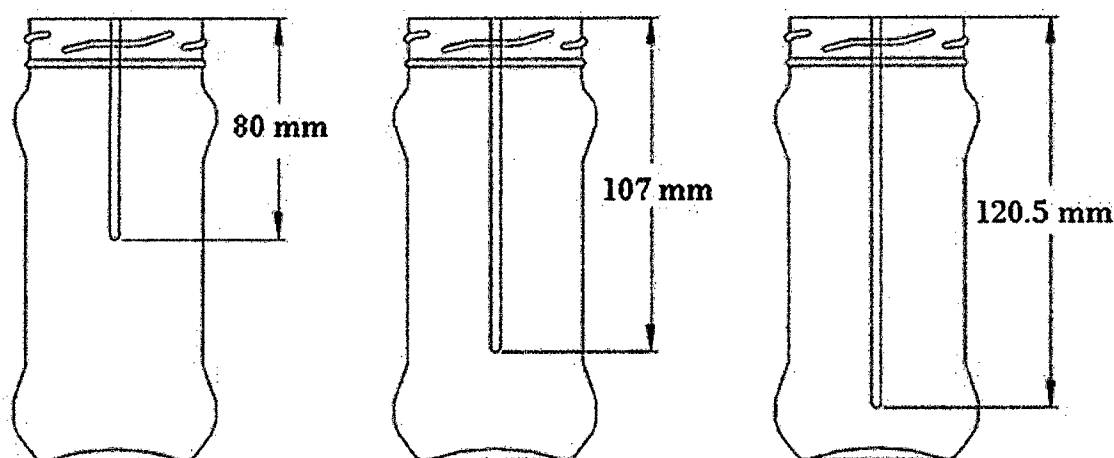


Figura 8. Posición de las termocuplas en los envases de vidrio de capacidad de 370, 580 y 720 cm^3 de las conservas de espárragos.

C. Determinación de las características de penetración de calor en el producto envasado usando excel 2010®.

Para la determinación de los parámetros de penetración de calor f_h y j_h utilizando EXCEL 2010®. Se ingresarán en una hoja de Excel los datos de tiempo-temperatura, previamente adquiridos durante el tratamiento térmico de las conservas de espárragos, se presenta un ejemplo de cómo se realizarán los cálculos.

C.1 Método de determinación de la punto de más frío en los envases de vidrio para conservas de espárrago por medio de regresión lineal

Se muestra un historial tiempo-temperatura de un alimento envasado desde el inicio del tratamiento térmico mediante el uso de un sensor de temperatura. Se aplicará a continuación un ajuste por regresión lineal a los datos experimentales con la finalidad de hallar el mejor coeficiente de determinación, para lo cual se va eliminando aquellos datos que no se ajustan al modelo lineal.

CUADRO 03. DATOS DE TEMPERATURA –TIEMPO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

	A	B
	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	t_0	T_0
2	t_1	T_1
3	t_2	T_2
4	t_3	T_3
5	t_4	T_4
6	t_5	T_5
7	t_6	T_6
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	t_n	T_n

Elaboración propia

Paso 1.

Se colocará una columna C en donde se realizará la operación $\log (TR-T)$, se utilizará la función LOG (TR- T) en donde TR será la temperatura del autoclave, se aplica desde C2 hasta Cn.

CUADRO 04. REPRESENTACIÓN DE LAS 3 VARIABLES TEMPERATURA, TIEMPO Y LOG (TR-T)

	A	B	C
	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Log (TR – T)
1	t_0	T_0	= Log (TR – T)
2	t_1	T_1	.
3	t_2	T_2	.
4	t_3	T_3	.
5	t_4	T_4	.
6	t_5	T_5	.
7	t_6	T_6	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	t_n	T_n	= Log (TR – T _n)

Elaboración propia

Paso 2.

Se graficarán los datos de la columna A y C respectivamente siguiendo los siguientes pasos:

- ✓ Se seleccionará la pestaña INSERTAR y se elegirá la opción DISPERSIÓN.
- ✓ Se mostrará una pantalla blanca y aparecerá en la barra de herramientas la opción INGRESAR DATOS, se da un clic y se procede a seleccionar todos los datos de la columna A y C, finalmente se obtendrá la gráfica 9.

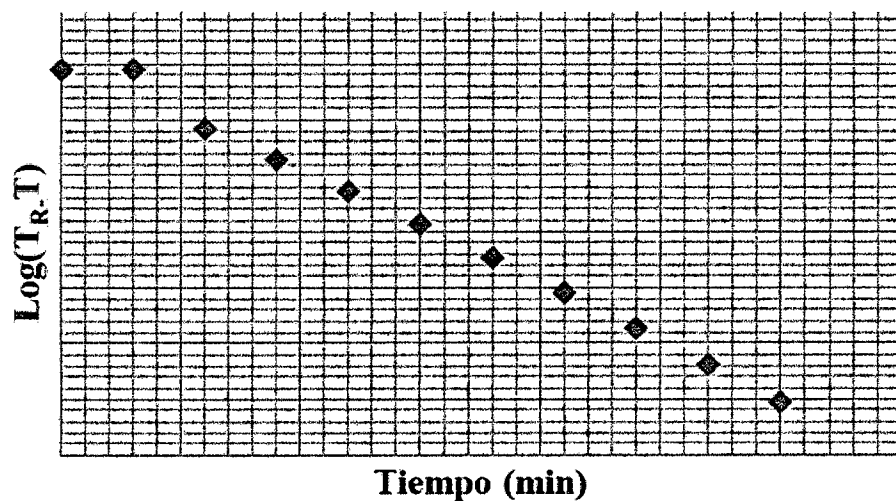


Figura 9. Gráfico de dispersión entre la variable tiempo (columna A) y $\log(T_R - T)$

Paso 3.

Se procederá a dar un clic sobre la gráfica 10 y se mostrará un menú en donde se elegirá la opción AGREGAR DE LINEA DE TENDENCIA, después se presentara un nuevo menú en la pantalla, llamado OPCIONES DE LÍNEA DE TENDENCIA, se escogerá la opción LINEAL y en la misma ventana se elegirá la opción PRESENTAR ECUACIÓN EL GRÁFICO y así como presentar el valor de R² (coeficiente de determinación), se presiona el botón CERRAR.

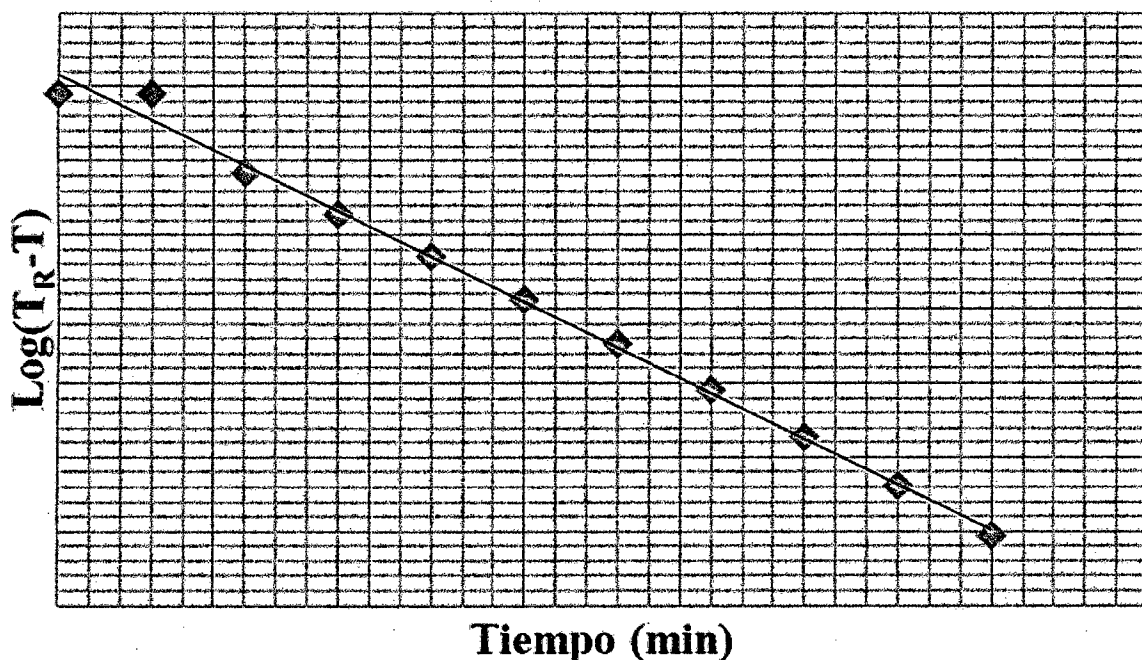


Figura 10. Ajuste Lineal para los datos de las columnas $\text{Log}(T_R - T)$ y Tiempo

Paso 04. Se aplicará el coeficiente de correlación de determinación R^2 para poder identificar los valores que no se ajustan al modelo de regresión lineal durante el tratamiento térmico, generalmente estos valores se eliminan por no ajustarse a la tendencia lineal, usualmente se representan por el tiempo de elevación de temperatura o CUT, que es el tiempo donde se empieza a ingresar vapor en el autoclave cerrado hasta llegar a la temperatura de trabajo o temperatura de esterilización (T_R).

- ✓ Se introducirán una nueva columna D, después se insertará la función `COEFICIENTE.R2` para calcular el coeficiente de determinación.
- ✓ En la función `COEFICIENTE R2`, se deben agregar a las dos columnas a analizar tomando los datos obtenidos en la Columna A Tiempo (min) y la columna C $\text{log}(TR-T)$.
- ✓ Se seleccionaran primero los datos de la columna A, luego se añadirá una coma y se procederá a señalar todos los datos de la columna C.

- ✓ Se le antepondrá los símbolos \$ antes y después de la letra de la celda de la columna A y C respectivamente con la finalidad de fijar los valores de las respectivas columnas, después se desplazará la función COEFICIENTE .R2 en los celdas restantes dándole el formato deseado para realizar el cálculo del coeficiente de determinación.
- ✓ Por ejemplo si las columnas A y C tuvieran solo 15 datos, se añadirían los símbolos \$ en cada una de las últimas celdas de las columnas A y C, quedando de la siguiente forma dentro de la primera celda de la columna D :

= COEFICIENTE.R2 (A2:\$A\$15, C2:\$C\$15)

CUADRO 05. REPRESENTACIÓN DE LAS 4 VARIABLES TEMPERATURA, TIEMPO Y $\log(T_R - T)$ Y COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN

	A	B	C	D
	Tiempo (min)	Temperatura (°F)	Log ($T_R - T$)	COEFICIENTE DE DETERMINACION
1	t_0	T_0	=Log ($T_R - T_0$)	= COEFICIENTE.R2 (A2:\$A\$n,C2:\$C\$n)
2	t_1	T_1	.	= COEFICIENTE.R2 (A3:\$A\$n,C3:\$C\$n)
3	t_2	T_2	.	= COEFICIENTE.R2 (A4:\$A\$n,C4:\$C\$n)
4	t_3	T_3	.	= COEFICIENTE.R2 (A5:\$A\$n,C5:\$C\$n)
5	t_4	T_4	.	= COEFICIENTE.R2 (A6:\$A\$n,C6:\$C\$n)
6	t_5	T_5	.	= COEFICIENTE.R2 (A7:\$A\$n,C7:\$C\$n)
7	t_6	T_6	.	= COEFICIENTE.R2 (A8:\$A\$n,C8:\$C\$n)
.
n - 2	.	.	.	= COEFICIENTE.R2 (An-2:\$A\$n,Cn-2:\$C\$n)
n - 1
N	t_n	T_n	=Log ($T_R - T_n$)	.

Elaboración propia

Paso 5. Se procede a realizar la discriminación entre los coeficientes de determinación previamente calculados en la columna D, teniendo en cuenta el siguiente criterio:

CRITERIO DE COMPARACIÓN DE COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN

Si se cumple que:

$$R_0^2 > R_1^2$$

Entonces se seguirán comparando el siguiente par de coeficientes de determinación de la columna D, hasta encontrar que uno de los coeficientes de determinación sea menor que otro:

$$R_1^2 > R_2^2$$

Una vez que se ha encontrado la relación, se procederá a parar el proceso iterativo de comparación y se eliminarán los datos de tiempo y $\text{Log}(T_R - T)$ que estén antes de la parada.

Paso 6. Se calculará la pendiente de la recta del ajuste lineal entre los datos de tiempo(X) y $\text{Log}(T_R - T)$ (Y) que quedaron en las columnas A y C respectivamente después de haber utilizado el criterio de comparación entre los coeficientes de determinación.

Luego se procederá a utilizar la función de Excel, para el cálculo de pendiente:

= PENDIENTE (conocido y, conocido x)

Después del cálculo de la pendiente se procede a calcular el valor, que será calculado de la siguiente forma:

$$f_h = \frac{-1}{\text{PENDIENTE}}$$

Paso 07. Se procederá crear una nueva gráfica Tiempo vs $\text{Log}(T_R - T)$, observándose la tendencia lineal de los puntos, después de la eliminación de los primeros pares de datos por el método de discriminación de coeficientes de gráfica Tiempo vs $\text{Log}(T_R - T)$, determinación.

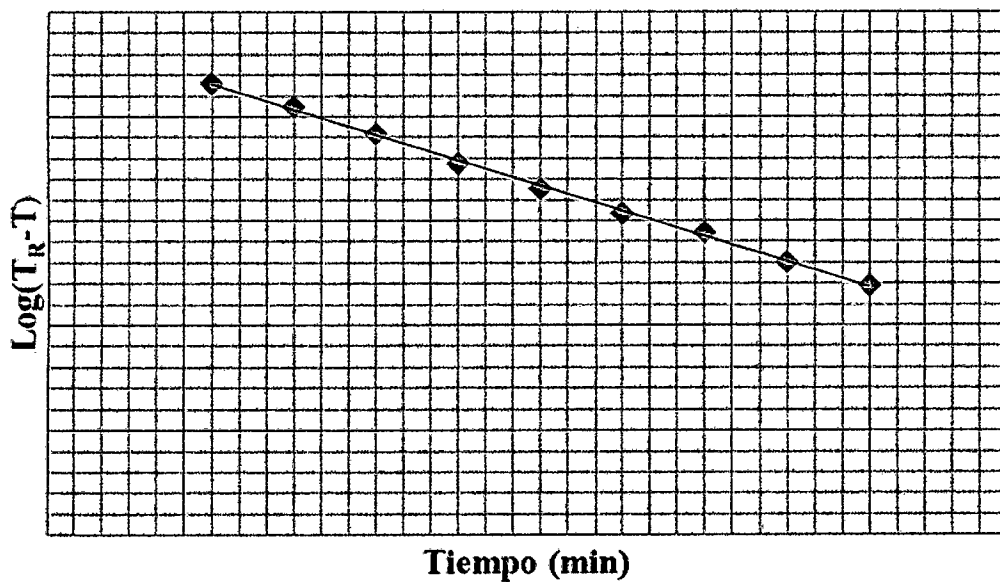


Figura N° 11 Gráfica Tiempo vs Log (TR-T)

Paso 08. Se calculará un f_h para cada una de las posiciones de las termocupas dentro del envase, de la siguiente forma:

- **f_{h1}** , se calculará con el historial tiempo – temperatura adquirido por la termocupa en el centro geométrico del envase.
- **f_{h2}** , se calculará con el historial tiempo – temperatura adquirido por la termocupa a 64 mm para el caso de los frascos de capacidad de 212 cm^3 y 107 mm de la base del envase para el caso de los frascos de capacidad de 370, 580 y 720 cm^3 de la base del envase
- **f_{h3}** , se calculará con el historial tiempo – temperatura adquirido por la termocupa a 73 mm para el caso de los frascos de capacidad de 212 cm^3 y 120.5 mm de la base del envase para el caso de los frascos de capacidad de 370, 580 y 720 cm^3 de la base del envase.
- Se escogerá aquel f_h que posea el mayor valor y se determinará cuál es el punto de más frío dentro del envase, cada una de estas pruebas se realizará por triplicado para validar la ubicación del punto más frío del envase durante el tratamiento térmico.

C.2 Método de determinación de la zona de más lento calentamiento en el autoclave por medio de regresión lineal

Se utilizará la metodología aplicada para encontrar el punto de más lento calentamiento en los envases para encontrar zona de más lento de calentamiento en el autoclave. Se triplicarán las muestras para validar la posición de la zona de más lento calentamiento.

C. 3 Cálculo del tiempo de proceso

Miranda *et al* (2010) sostiene que el cálculo de tratamientos térmicos está referido a determinar un tiempo de proceso que permita lograr una letalidad pre-establecida (requerido), de tal forma que la evaluación de tratamientos térmicos consistirá en determinar si la destrucción de un microorganismo objetivo ha sido realizada efectivamente, de tal manera que se asegure su ausencia durante el tiempo de vida útil del alimento.

El microorganismo objetivo de las conservas de espárrago será el *Clostridium botulinum*, según Huapaya G afirma que los valores referenciales para el microorganismo target deberán ser de $F_{ref}^Z = 0.23$ minutos, y $Z = 8.9$ °C y $D_{93.3^\circ\text{C}} = 1$ minuto los valores fh, jh, Tpih serán calculados de la curva de penetración de calor en el alimento.

Se utilizará el programa Excel 2010®, para el cálculo del tiempo de proceso del tratamiento térmico de conservas de espárragos verdes, por medio de los sistemas de cálculo del Método Original Bigelow (1920), Método Mejorado Ball (1923- 1927) y Método Combinado, Miranda (2010).

METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE $F_{Proceso}$ UTILIZANDO EL MÉTODO GENERAL BIGELOW *et al* (1920) UTILIZANDO EXCEL 2010 ®

Miranda *et al* (2010) cita “El método general es un procedimiento utilizado para integrar el efecto letal de un historial tiempo y temperatura resultante de la aplicación de un proceso térmico en determinadas condiciones de procesamiento. Los principios de este método fueron introducidos por Bigelow, en 1920 utilizando una representación gráfica para llegar al valor de letalidad”.

Paso 01:

Se ingresará el historial de tiempo y temperatura del proceso en una hoja de Excel en dos columnas A y B.

CUADRO 06. DATOS DE TEMPERATURA –TIEMPO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

	A	B
	Tiempo (t)	Temperatura (°T)
1	t₀	T₀
2	t₁	T₁
3	t₂	T₂
4	t₃	T₃
5	t₄	T₄
6	t₅	T₅
7	t₆	T₆
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
n	t_n	T_N

Elaboración propia

Paso 02.

Se creará una nueva columna C denominada 1/TDT, en esta columna se crearán los valores correspondientes a la inversa del Tiempo Destrucción Térmica (1/TDT), donde TDT será el tiempo requerido para destruir todos los microorganismos capaces de esporular el alimento, se expresa mediante la siguiente expresión:

$$\frac{1}{TDT} = \frac{1}{F_{T_{requerido}}^Z \times 10^{\left(\frac{T_{ref}-T}{Z}\right)}}$$

Donde:

T = Temperatura del Sensor durante el Tratamiento Térmico

T_(ref) = Temperatura de la Retorta

$Z_{(Clostridium\ botulinum)}$ = Incremento requerido para causar una reducción de un ciclo logarítmico de *Clostridium botulinum* en el tiempo de reducción decimal.

F_{ref}^Z = Valor referencial del tratamiento térmico

El recíproco del valor TDT a la temperatura correspondiente de la columna B será calculado insertando dentro de la celda C2, la siguiente fórmula:

$$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Byssochlamys\ fulva}) / F_{ref}^Z}$$

CUADRO 07. REPRESENTACIÓN DE LAS 3 VARIABLES PARA EL MÉTODO GENERAL

	A	B	C
	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	1/TDT (min ⁻¹)
1	t ₀	T ₀	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum}) / F_{ref}^Z}$
2	t ₁	T ₁	$= 10^{((T_1 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum}) / F_{ref}^Z}$
3	t ₂	T ₂	$= 10^{((T_2 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum}) / F_{ref}^Z}$
4	t ₃	T ₃	$= 10^{((T_3 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum}) / F_{ref}^Z}$
.	.	.	.
.	.	.	.
n	t _n	T _n	$= 10^{((T_n - T) / Z_{Clostridium\ botulinum}) / F_{ref}^Z}$

Elaboración propia

Paso 03: Después darle el formato deseado a toda la columna C, se procederá a calcular la letalidad (L) que estará definida en función al tiempo, es decir a la variación de tiempos entre los datos de la columna B, de ahí se calculará el diferencial existente entre cada uno de los datos de tiempos y se presentara como Δt.

Se asignará una celda debajo del último dato de la columna C (Cn-2), para realizar el cálculo con la siguiente fórmula dentro de la celda Cn-1:

$$\text{Letalidad (L)} = \text{SUMA (C3: Cn-1)} \times \Delta t$$

Paso 04: Se procederá a calcular el F_{Proceso} por el método general, se añadirá una fila más a la columna C y se le aplicará la siguiente fórmula dentro de la celda:

$$F_{\text{Proceso}} = C_n \times \Delta t \times F_{ref}^Z$$

CUADRO 08. REPRESENTACIÓN FINAL DEL CUADRO DE EXCEL PARA EL CÁLCULO DE LETALIDAD Y FPROCESO POR EL MÉTODO GENERAL

	A	B	C
	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	1/TDT (min-1)
1	t_0	T_0	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})} / F_{ref}^Z$
2	t_1	T_1	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})} / F_{ref}^Z$
3	t_2	T_2	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})} / F_{ref}^Z$
4	t_3	T_3	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})} / F_{ref}^Z$
5	t_4	T_4	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})} / F_{ref}^Z$
6	t_5	T_5	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})} / F_{ref}^Z$
7	t_6	T_6	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})} / F_{ref}^Z$
.	.	.	.
.	.	.	.
n-1	t_{n-1}	T_{n-1}	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})} / F_{ref}^Z$
n	-	Letalidad	SUMA (C3: Cn-1) x Δt
-	-	$F_{Proceso}$	$C_n \times \Delta t \times F_{ref}^Z$

Elaboración propia

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE $F_{Proceso}$ UTILIZANDO EL MÉTODO GENERAL MEJORADO BALL (1923 y 1928) UTILIZANDO EXCEL 2010®

Se procederá a calcular el efecto letal de las diferentes combinaciones tiempo-temperatura en un proceso térmico con la finalidad de encontrar la letalidad total acumulada, para luego calcular el $F_{Proceso}$ de acuerdo a la fórmula:

$$F_{Proceso} = \int_{t_0}^{t_n} L \cdot dt$$

Paso 01:

Se añadirá una nueva columna D al cuadro 07, y se le irán agregando uno a uno los valores de letalidad siguiendo el método Mejorado, de forma que si la expresión algebraica para la letalidad es:

$$L = 10^{\left(\frac{T_0 - T}{Z}\right)}$$

Se le tendrá que dar el siguiente formato a todas las celdas de la columna D.

$$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})}$$

CUADRO 09. VARIABLES A UTILIZAR PARA EL CÁLCULO DE FPROCESO POR EL MÉTODO MEJORADO

	A	B	D
	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	L (min-1)
1	t_0	T_0	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})}$
2	t_1	T_1	$= 10^{((T_1 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})}$
3	t_2	T_2	$= 10^{((T_2 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})}$
4	t_3	T_3	$= 10^{((T_3 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})}$
5	t_4	T_4	$= 10^{((T_4 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})}$
.	.	.	.
.	.	.	.
n	t_n	T_n	$= 10^{((T_n - T) / Z_{Clostridium\ botulinum})}$

Elaboración propia

Paso 02: Luego de haber calculado todos los datos de la columna D, se procederá a asignar una celda debajo del último dato de la columna D, para realizar la sumatoria de todos los datos de letalidad de la columna D y multiplicar por la variación de tiempo y de esta forma calcular el valor de FProceso de la siguiente forma desde Excel:

$$= \text{SUMA} (D3:Dn) \times \Delta t$$

CUADRO 10. REPRESENTACIÓN FINAL DEL CUADRO DE EXCEL PARA EL CÁLCULO DE F_{Proceso} POR EL MÉTODO MEJORADO

	A	B	D
	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	L (min-1)
1	t_0	T_0	$= 10^{((T_0 - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}})}$
2	t_1	T_1	$= 10^{((T_1 - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}})}$
3	t_2	T_2	$= 10^{((T_2 - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}})}$
.	.	.	.
.	.	.	.
n	t_n	T_n	$= 10^{((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}})}$
-	-	F_{PROCESO}	= SUMA (D3:D_n) x Δt

Elaboración propia

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE F_{Proceso} UTILIZANDO EL MÉTODO GENERAL COMBINADO MIRANDA (2010) UTILIZANDO EXCEL 2010 ®

Miranda *et al* (2010) cita “El Método General Combinado resulta de la mezcla de las metodologías antes vistas. Se utilizará la siguiente expresión para evaluar el área bajo la curva de los valores de $(F_{T_{ref}}^Z)_{\text{requerido}} \times L$ calculados contra el tiempo, resultando las unidades en minutos”.

$$(F_{T_{ref}}^Z)_{\text{requerido}} \times L$$

Paso 01:

Se creará una nueva columna E, en donde se irán introduciendo los valores correspondientes a la siguiente expresión algebraica:

$$(F_{T_{ref}}^Z)_{\text{requerido}} \times 10^{\left(\frac{T - T_{ref}}{Z}\right)}$$

Se ingresará en la primera celda de la columna E, la expresión algebraica anteriormente citada de la siguiente forma que dando dentro de cada una de las celdas de la columna correspondiente el siguiente formato:

$$= (F_{T_{ref}}^Z)_{\text{requerido}} \times 10^{((T_0 - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}})}$$

CUADRO 11. VARIABLES A UTILIZAR PARA EL CÁLCULO DE $F_{Proceso}$ POR EL MÉTODO COMBINADO

	A	B	E
1	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	LF (min)
2	t_0	T_0	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{requerido} \times 10^{\left((T_0 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum} \right)}$
3	t_1	T_1	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{requerido} \times 10^{\left((T_1 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum} \right)}$
4	t_2	T_2	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{requerido} \times 10^{\left((T_2 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum} \right)}$
5	t_3	T_3	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{requerido} \times 10^{\left((T_3 - T) / Z_{Clostridium\ botulinum} \right)}$
.	.	.	.
.	.	.	.
n	t_n	T_n	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{requerido} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{Clostridium\ botulinum} \right)}$

Elaboración propia

Paso 02:

Después de haber realizado el cálculo de LF, se procederá a calcular la suma de cada una de las celdas de la columna E. Se elegirá la celda siguiente para realizar la sumatoria de las letalidades previamente calculado:

$$LF = \text{SUMA} (E3: E_n) \times \Delta t$$

Paso 03:

Se procederá a realizar el cálculo de $F_{proceso}$ dentro de la celda, expresándose de la siguiente forma:

$$F_{Proceso} = LF / \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{requerido}$$

**CUADRO 12. REPRESENTACIÓN FINAL DEL CUADRO DE EXCEL PARA EL
CÁLCULO DE F_{Proceso} POR EL MÉTODO COMBINADO**

	A	B	E
	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	LF (min)
1	t_0	T_0	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}} \right)}$
2	t_1	T_1	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}} \right)}$
3	t_2	T_2	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}} \right)}$
4	t_3	T_3	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}} \right)}$
5	t_4	T_4	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}} \right)}$
6	t_5	T_5	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}} \right)}$
7	t_6	T_6	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}} \right)}$
.	.	.	.
.	.	.	.
n	t_n	T_n	$= \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}} \times 10^{\left((T_n - T) / Z_{\text{Clostridium botulinum}} \right)}$
-	-	LF	= SUMA (E3: En) X Δt
-	-	F_{PROCESO}	$LF / \left(F_{T_{ref}}^Z \right)_{\text{requerido}}$

Elaboración propia

D. Determinación de las características cinéticas de la distribución térmica de color a^* en conservas de espárragos verdes.

Se determinarán las velocidades de reacción para el parámetro a^* en el producto y su dependencia de la temperatura en el tratamiento térmico (Figura 6). Para la realización del experimento, las muestras serán envasadas en frascos de vidrio de 61.11 x 117.5 con una capacidad de 212 cm³, 370 cm³, 580 cm³ Y 720 cm³, las cuales serán sometidas a la acción del calor en un autoclave a tres temperaturas distintas (230, 240 y 250°F) normalmente usadas en el tratamiento térmico de hortalizas y por cuatro periodos de tiempo : 230°F (0,10,20,30 minutos) ; 240°F (0, 8,16,24 minutos) y 250°F (0,1,2,3,4 minutos).

CUADRO 13. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS CINÉTICAS DE DESTRUCCIÓN TÉRMICA DEL COLOR VERDE EN CONSERVAS DE ESPARRAGO

CONSERVA DE ESPARRAGO VERDE		
TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO °F	PRESION ATMOSFERICA MPA	TIEMPO DE CALENTAMIENTO MIN
230	0.045 MPA	0, 10, 20, 30
240	0.070 MPA	0, 08, 16, 24
250	0.110 MPA	0, 01, 02, 04
Tiempo de reducción decimal (min) $D_{230}, D_{240}, D_{250}$		
Resistencia relativa del parámetro de color a^* (°F) Z		

Elaboración propia

Se analizará la concentración inicial del parámetro de color a^* en las diferentes muestras (a_0^*) y el remanente en cada muestra después del calentamiento a^* para las diferentes condiciones de tiempo y temperatura. Con los resultados obtenidos se determinarán por regresión lineal los valores k, D y Z de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\log(a^*) = \log a_0^* - \frac{kt}{\ln 10}$$

$$D = \frac{K}{\ln 10}$$

$$\log(D) = \log(D_0) - \frac{1}{Z(T - T_0)}$$

Donde:

a^* = Concentración del parámetro de color de cambio de rojo a verde después de un tiempo de calentamiento. (Adimensional)

a_0^* = Concentración inicial del parámetro de color de cambio de rojo a verde. (Adimensional)

K = Factor Proporcionalidad de la velocidad de reacción. (min^{-1})

t = Tiempo de destrucción térmica (min)

D = Tiempo de reducción decimal en minutos a la temperatura T .

D_0 = Tiempo de reducción decimal en minutos de la temperatura.

z = Recíproco de la pendiente de la curva TDT.

Las muestras serán sometidas a evaluación tendrán las mismas condiciones y características a aquellas que se van a procesar posteriormente. El número de muestras utilizadas por prueba serán 25, de las que se muestrearán 3 colocadas en el mismo autoclave utilizada para la producción, bajo las mismas condiciones.

Las pruebas de penetración de calor se realizarán por triplicado en la zona de más lento calentamiento del autoclave a una temperatura de 230, 240 y 250 °F, con los datos obtenidos se determinará las curvas de calentamiento en las cuales se hallará el valor de la pendiente de calentamiento (f_h), la temperatura pseudoinicial de calentamiento (t_{pih}) y el factor de retraso de calentamiento (J_h), considerando los siguientes parámetros presentados en la cuadro 03.

CUADRO 14: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PENETRACIÓN DE CALOR EN CONSERVA DE ESPÁRRAGOS VERDES

Calentamiento a 230, 240 y 250 °F	Curva de calentamiento	f_h : Pendiente
		J_h : Factor de Retraso
		t_i : Temperatura inicial del producto
		$tpih$: Temperatura seudo inicial calentamiento.

Elaboración propia

E. Evaluación del tratamiento térmico por el método de Ball (1923)

Para la evaluación del tratamiento térmico por el método de Ball, es necesario tener en cuenta las características cinéticas de destrucción térmica del microorganismo *Clostridium botulinum* (D, Z, Freq, y los valores f_h , j_h , T_{pih} , de la curva de penetración en el alimento), conociendo estos datos y considerando la tabla de relaciones $f_h/U:g$ para $Z = 16^\circ\text{F}$ (8.9°C) generada por software y mostrada a continuación únicamente para valores de g cuando j es 0.4 y 2.0, se procede al cálculo del tiempo de la siguiente manera:

a) Se determinó el tiempo a la temperatura de autoclave (TR) equivalente a un minuto a la temperatura de $212^\circ\text{F} - 100^\circ\text{C}$ (para procesos de pasteurización) mediante la siguiente ecuación:

$$F_t = 10^{\frac{(212-TR)}{Z}}$$

F_t = tiempo a cualquier temperatura equivalente a un minuto a $212^\circ\text{F} - 100^\circ\text{C}$

b) Para determinar la letalidad en el envase ($F_s=F_c$) que considera la influencia del número inicial de esporas contaminantes, fue necesario conocer la carga inicial de microorganismos en la conserva de espárragos verdes. Para esto se consideró el recuento total de microorganismos como el número de ascosporas contaminantes de *Clostridium botulinum* por gramo de producto de 10^9 .

c) Luego debido a que el valor de la constante D para las ascosporas más resistentes de *Clostridium botulinum* y el número inicial de microorganismos son conocidos y considerando el tratamiento mínimo establecido arbitrariamente, para reducir cualquier población de las

ascosporas más resistentes a un valor de 10^3 (concepto 3D), se calcula el F_s deseado, aplicando la ecuación:

$$F_s = F_c = D (\log a - \log b)$$

Donde:

F_s = Es la letalidad con capacidad degradativa del calor recibida en el centro geométrico, valor bastante aproximado al promedio efectivo del envase.

D = Valor de la constante D cuando la temperatura de referencia es de 212°F (100°C).

a = Número inicial de microorganismos por unidad de volumen antes del tratamiento térmico.

b = Número final de microorganismos por unidad de volumen después del tratamiento térmico a temperatura constante.

d) Luego se determinará el valor de U correspondiente al F , empleando la siguiente ecuación:

$$U = F \times F_i$$

U = tiempo a la temperatura de trabajo, del calor letal recibido en el pmf del recipiente durante el proceso.

Calculando el valor de U se determinó la relación F_h/U para $Z=16^\circ\text{F}$ (tabla anterior) e ir interpolando para $J_c = 1.18$ se obtuvo el correspondiente valor a g .

e) Finalmente se procederá a determinar el tiempo de procesamiento aplicando la siguiente ecuación:

$$B = f_h \times \log \frac{[j_h(TR - T_i h)]}{g_c}$$

Donde:

B = Tiempo de proceso desde que el autoclave alcanza la temperatura de trabajo hasta que el vapor es cortado, más el 42% del tiempo de elevación de la temperatura del autoclave.

j_h = Factor de retraso en la curva de calentamiento.

F. Evaluación de la retención del parámetro de calor a^* por el método Jen *et al.* (1971)

Con el objeto de diferenciar los términos utilizados en el cálculo del tiempo de proceso, se utilizará el subíndice “n” para los términos correspondientes a este método.

El procedimiento para calcular la retención del parámetro de color a^* fue el siguiente:

1) Se determinará el valor de F_n , que representa el tiempo de destrucción térmica del parámetro de color a^* a la temperatura de la autoclave (TR) a 212 ° F (100 ° C) mediante la siguiente ecuación:

$$F_n = 10^{\frac{(212-T_r)}{Z}}$$

2) Luego, con el valor de g_c obtenido en el cálculo del tiempo de proceso y entrando a la tabla de relaciones $F_h/U:g$ para Z del parámetro de color.

3) Con el valor de la relación F_h/U obtenido, se calculará el valor de U_{cn} del proceso. Luego para obtener el valor de F_{cn} se utilizará la siguiente expresión:

$$U_{cn} = F_n \times F_{cn}$$

$$F_{cn} = \frac{U_{cn}}{F_n}$$

4) Finalmente se usará la siguiente expresión:

$$F_{cn} = D_n(\log_{a_n} - \log_{b_n})$$

$$4) \%R_n = 10^{\frac{-F_{cn}}{D_n}} \times 100$$

Donde:

R_n = Porcentaje del parámetro de color a^*

a_n = Concentración inicial del nutriente en el tiempo 0 expresado como el 100%.

b_n = es el porcentaje de nutriente retenido en un tiempo t_i .

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA ZONA MÁS FRÍA EN UNA AUTOCLAVE O RETORTA PARA CONSERVAS DE ESPARRAGO POR MEDIO DE REGRESIÓN LINEAL

La esterilización se realizó en un autoclave estático vertical tipo batch a 110°C, 116°C y 121°C durante 80 minutos. La presión atmosférica empleada será de 0.045 MPa para temperatura de 110 °C, 0.070 MPa para temperaturas de 116 °C y 0.110 MPa para temperatura de 121 °C, estas presiones se controlan por medio del autoclave (Observar la Figura 12). Para evaluar el tratamiento térmico se utilizó un equipo de termorregistro que constó de: i) sensor electrónico; ii) una interfase desde donde se enviaron los datos a una computadora. Los datos recibidos fueron tabulados en la hoja de cálculo de Excel por cada minuto (Observar la Figura 13 y la Figura 14).

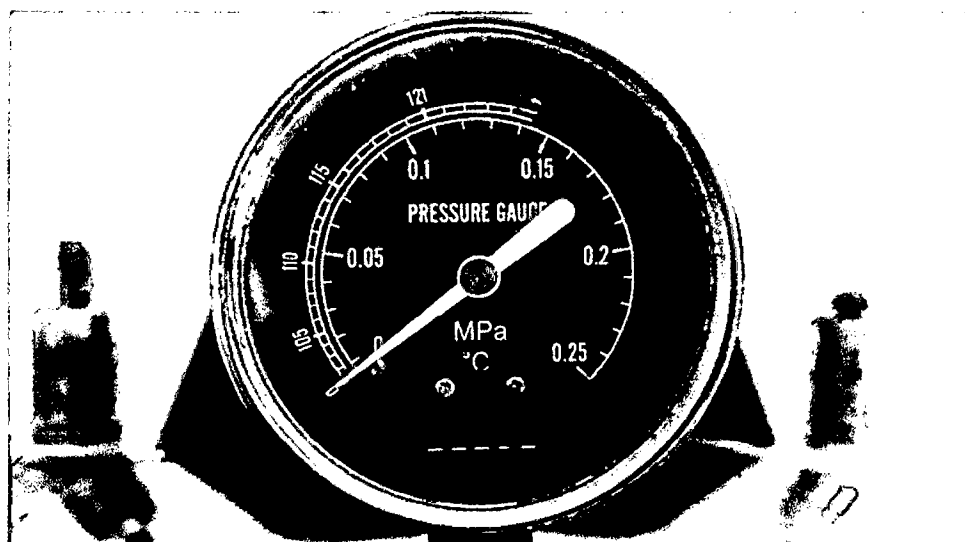


Figura 12. Presión atmosférica en diferentes temperaturas de tratamiento dentro del autoclave.

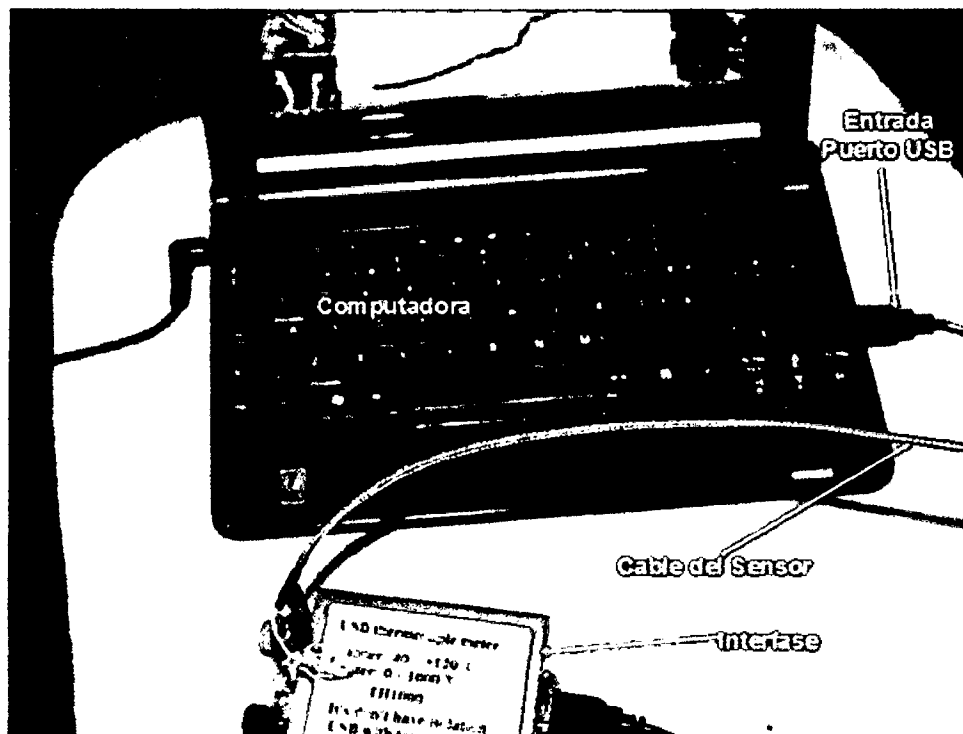


Figura 13. Componentes del equipo de termoregistro utilizado para la medición y registro del proceso de esterilización en conservas de espárrago verde (a) cable con el sensor electrónico; b) interfase digital; c) computadora personal.

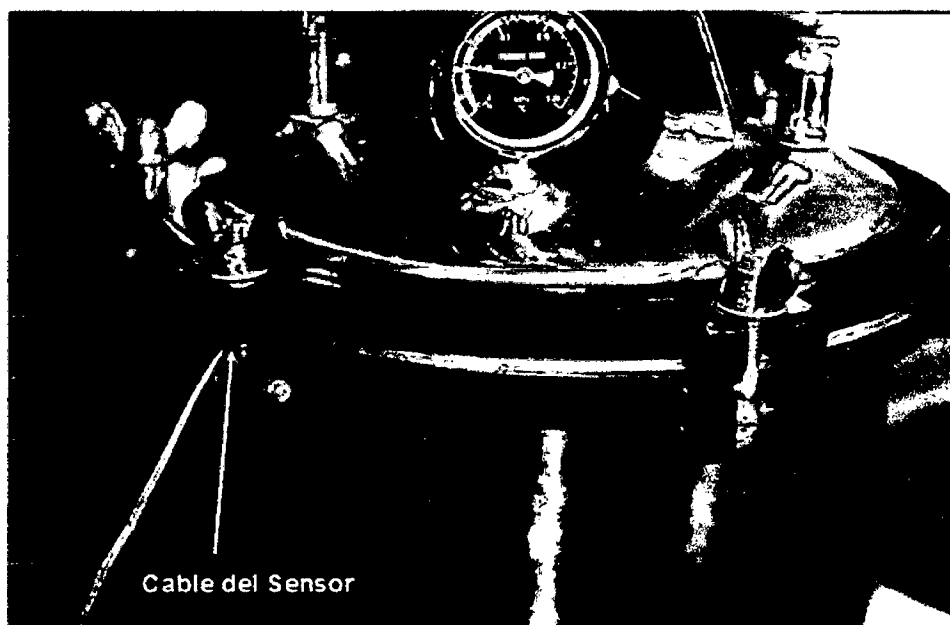


Figura 14. Autoclave vertical a vapor de agua en pleno funcionamiento; la flecha señala el punto de ingreso del cable del sensor para medir la penetración del calor.

A continuación se detallan las pruebas experimentales que fueron realizadas en un autoclave estático vertical tipo batch construida en acero inoxidable, con generación interna de vapor. Los envases disponiéndose en varios niveles de acuerdo al tamaño del frasco permitiéndose la circulación del vapor en el interior del autoclave (ver Figura 15).

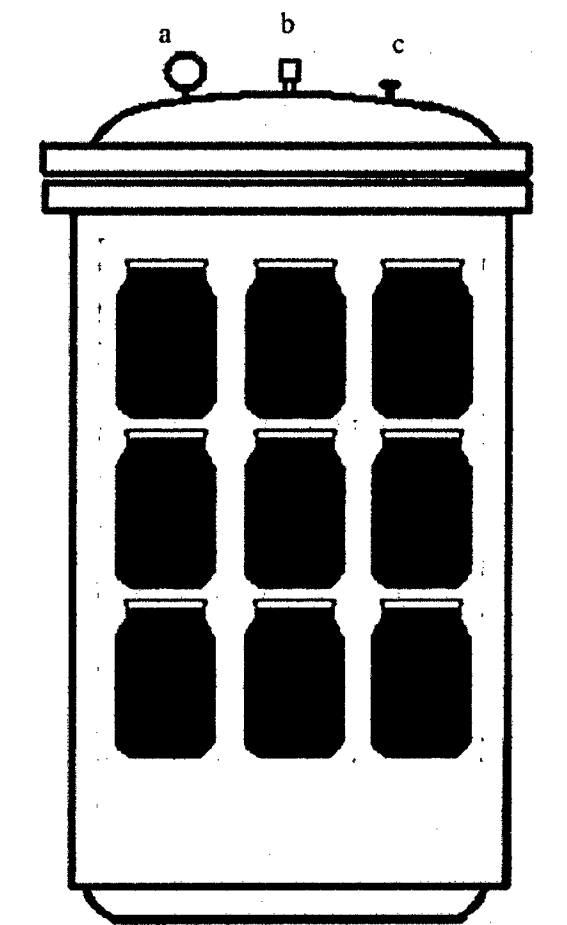


Figura 15. Esquema del autoclave vertical estático tipo batch (a, manómetro; b, válvula de seguridad; c, espita) mostrando la distribución de los frascos en su interior.

En la Figuras 16 se muestran los perfiles de temperatura de las diferentes etapas que componen el procesamiento térmico de las conservas de espárrago verde en el autoclave descrito anteriormente. Este perfil de temperatura variable es característico de autoclaves donde el medio de calentamiento (vapor) es generado en el mismo, mediante el calentamiento de agua contenida en su base.

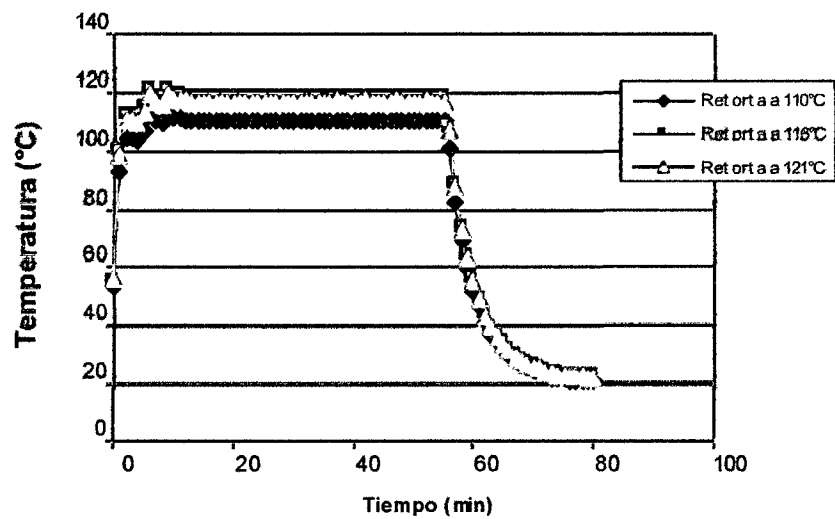


Figura 16. Perfil de temperatura externo de las distintas etapas del proceso térmico en un autoclave estático vertical tipo batch a 110°C, 116°C y 121°C durante 80 minutos.

En la Figura 17 se presentan los resultados de la determinación del el punto más frío en a retorta o autoclave. Como se muestra, la curva correspondiente al punto ubicado en la parte superior del autoclave es la que presenta un calentamiento más lento.

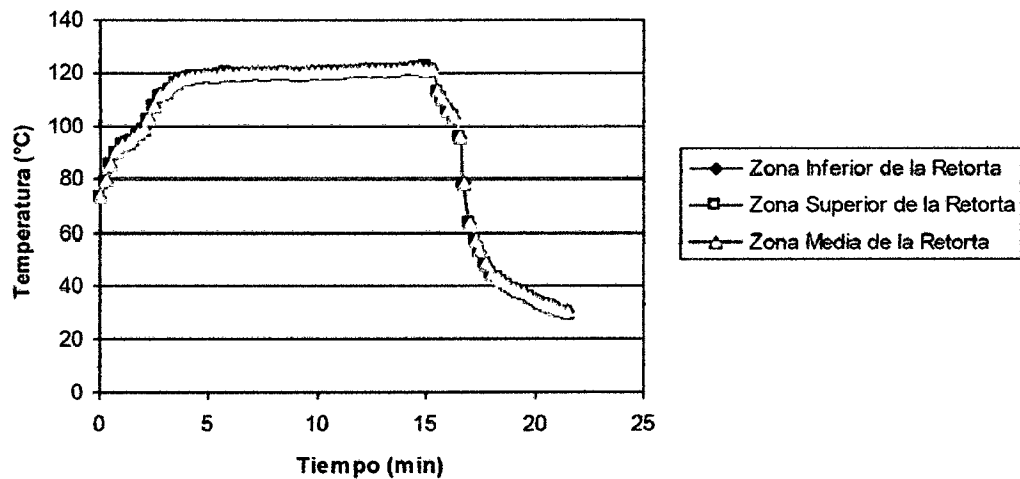


Figura 17. Punto más frío en el autoclave o retorta.

En la Figura 18 se muestra la determinación del punto más frío mediante el valor f_h de la curva de calentamiento de los puntos analizados, calculados teniendo en cuenta lo indicado por Ball y Olson (1957) quienes hacen referencia que el punto más frío del autoclave, es aquel que presenta el mayor valor f_h lo cual coincide con lo encontrado en la presente investigación, tal como se puede apreciar en el Cuadro 15.

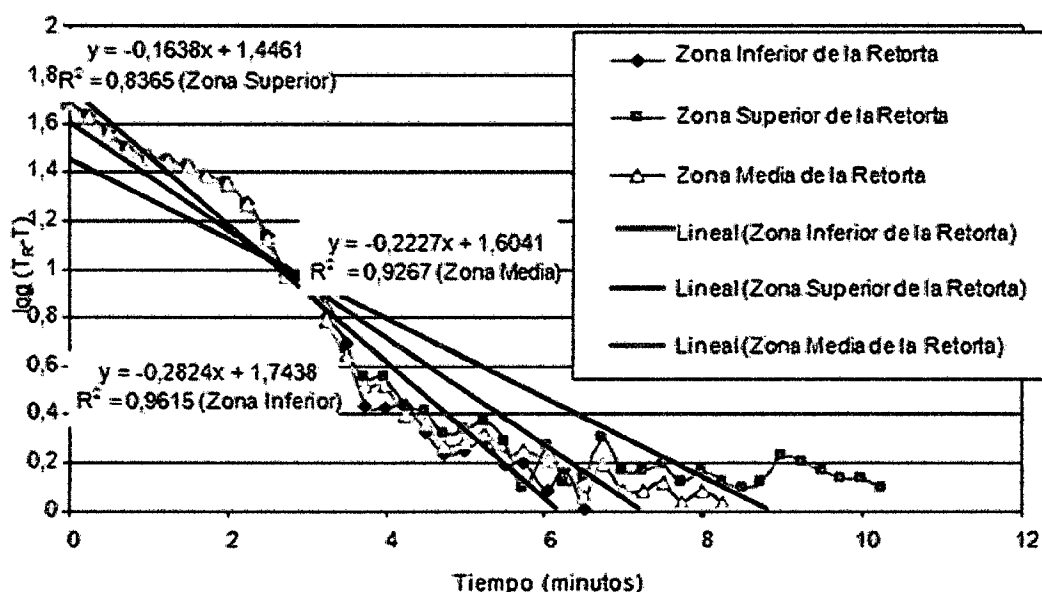


Figura 18. Determinación del punto más frío en el autoclave o retorta mediante el valor de f_h .

Cuadro 15. Valores de f_h de los puntos analizados a diferentes zonas del autoclave o retorta.

Ubicación de la zona	f_h (min)
Zona Superior	6,11
Zona Media	4,49
Zona Inferior	3,54

4.2. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁS FRÍO EN LOS ENVASES DE VIDRIO PARA CONSERVAS DE ESPARRAGO POR MEDIO DE REGRESIÓN LINEAL

En las Figuras 19, 20 y 21 se presentan los resultados de la determinación del punto más frío de la conserva de espárrago verde en los envases de vidrio de 212cm³ y con una altura de 110 mm serán: Centro Geométrico 55 mm; 9 mm debajo de centro geométrico 64 mm (punto equidistante) y 18 mm debajo de centro geométrico 73mm (1/3 de la base). Como se aprecia en las curvas correspondientes el punto ubicado equidistante entre el tercio de la base y el centro correspondiente (a 5,5 cm), muestra con respecto a los demás, una clara demora al calentarse en la etapa de calentamiento y al enfriarse durante la etapa de enfriamiento. A pesar que durante gran parte del tratamiento las curvas de los tres puntos analizados aparentemente se superponen, el valor de este es menor durante el calentamiento y mayor durante el enfriamiento.

En las Figuras 22, 23 y 24 se presenta la determinación del punto más frío mediante el valor f_h de la curva de calentamiento de los puntos analizados, calculados teniendo en cuenta lo indicado por Ball y Olson (1957), quienes hacen referencia que el punto más frío de un producto en envase es aquel que presenta el mayor valor f_h , lo cual coincide con lo encontrado en la presente investigación, tal como se puede apreciar en el Cuadro 15, donde se observa que el mayor valor de f_h se ubica en el punto equidistante entre el 1/3 de la base y el centro geométrico.

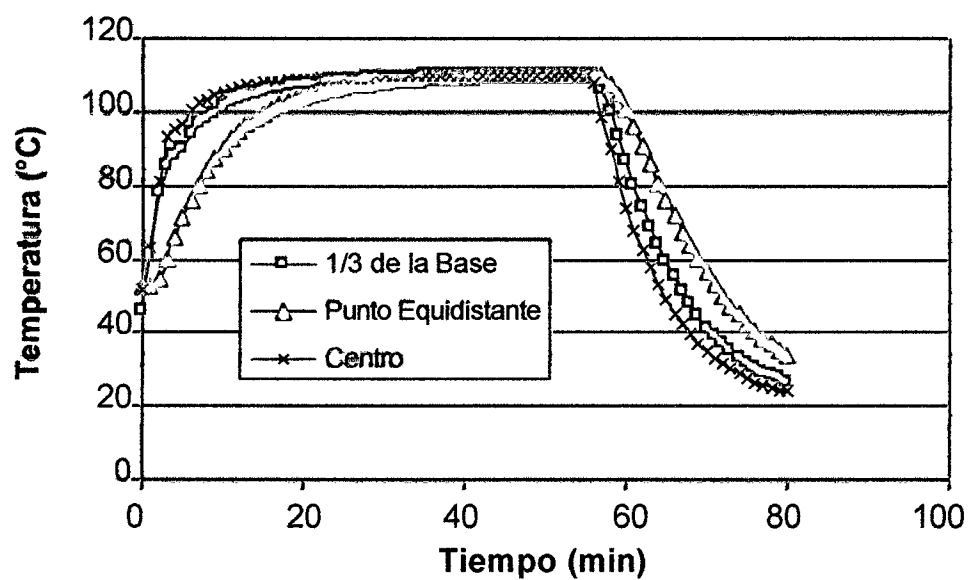


Figura 19. Determinación del punto más frío en la conserva de espárrago verde (estudio realizado a 110°C).

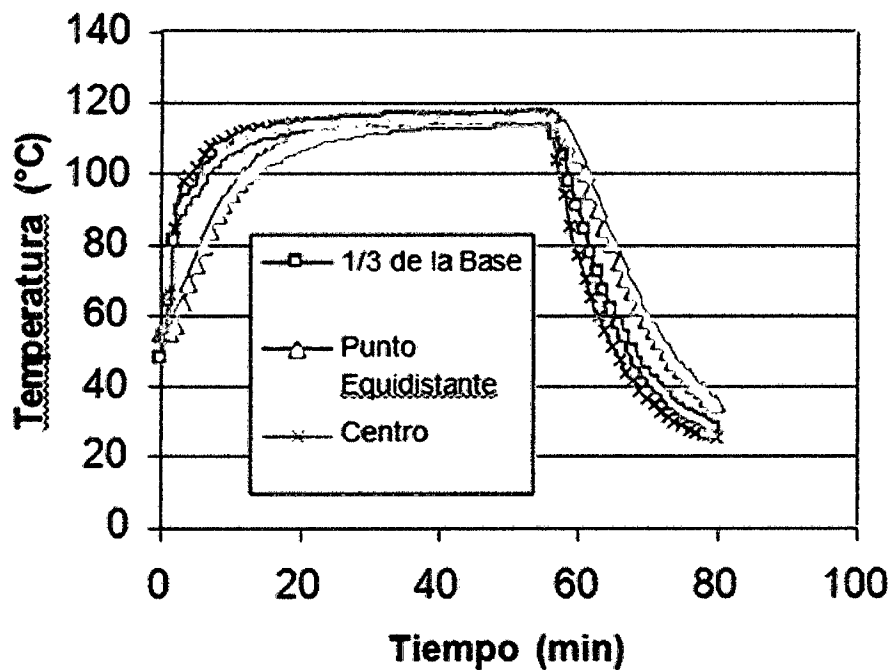


Figura 20. Determinación del punto más frío en la conserva de espárrago verde (estudio realizado a 116°C).

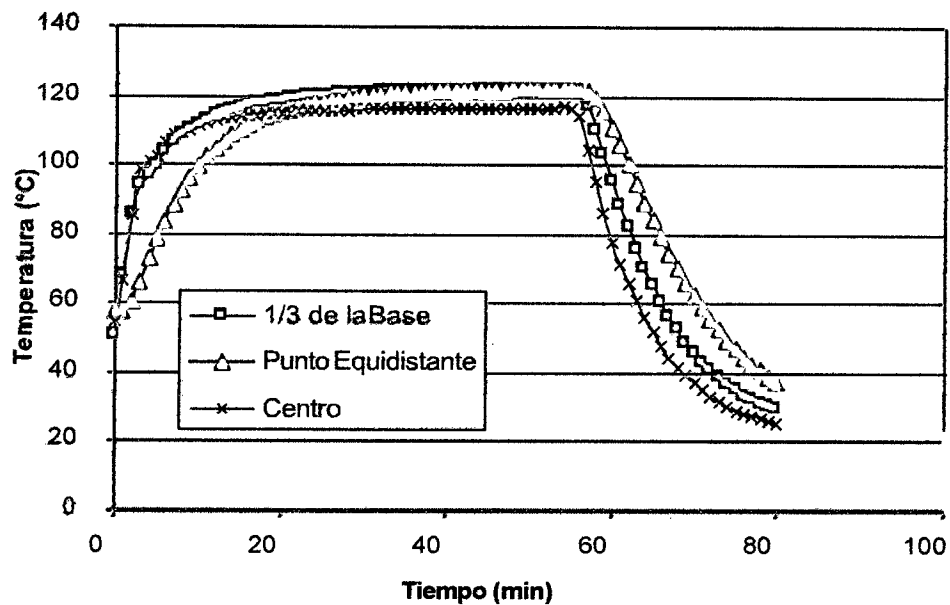


Figura 21. Determinación del punto más frío en la conserva de espárrago verde (estudio realizado a 121°C).

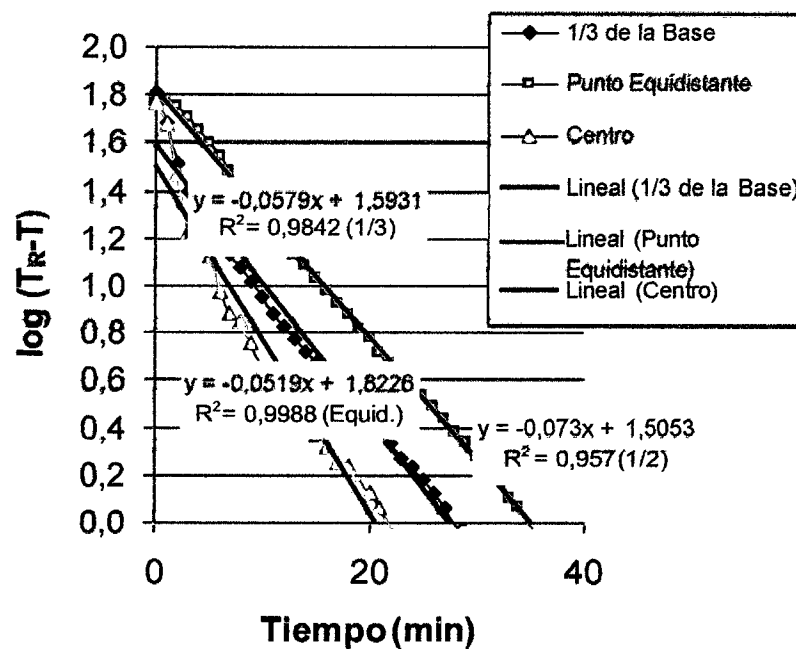


Figura 22. Determinación del punto más frío en la conserva de espárrago verde mediante el valor de f_h (estudio realizado a 110°C).

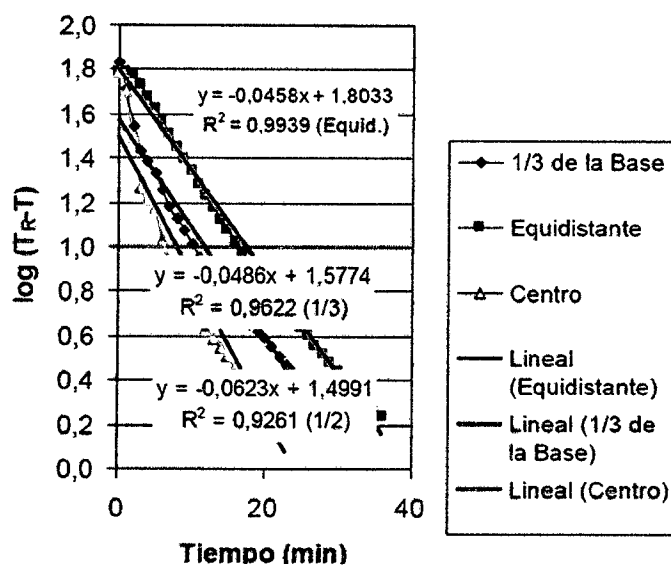
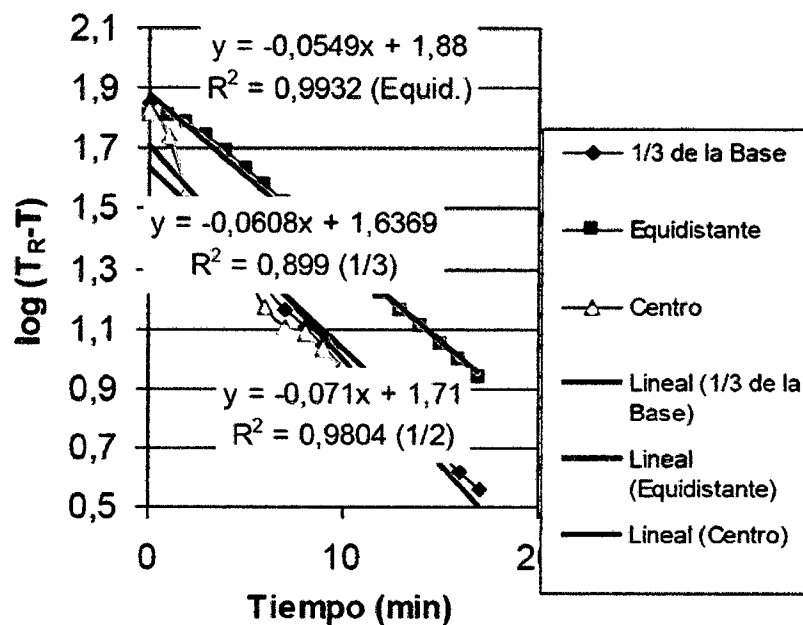


Figura 23. Determinación del punto más frío en la conserva de espárrago verde mediante el valor de f_h (estudio realizado a 116°C).



Figuras 24. Determinación del punto más frío en la conserva de espárrago verde mediante el valor de f_h (estudio realizado a 121°C).

Cuadro 16. Valores de f_h obtenidos para la selección del punto más frío en la conserva de espárrago verde.

Ubicación del punto	f_h (min)
110°C	
Punto equidistante (9 mm debajo del centro)	19,27
A 1/3 de la base (18 mm debajo del centro)	17,27
En el centro geométrico (a 55mm)	13,70
116°C	
Punto equidistante (9 mm debajo del centro)	21,83
A 1/3 de la base (18 mm debajo del centro)	20,58
En el centro geométrico (a 55mm)	16,05
121°C	
Punto equidistante (9 mm debajo del centro)	18,21
A 1/3 de la base (18 mm debajo del centro)	16,45
En el centro geométrico (a 55mm)	14,08

Al respecto Nickerson y Sinskey (1978), indican que en alimentos que se calientan por convección, el punto de calentamiento más lento se encuentra ubicado sobre el eje central, aproximadamente entre 1,9 a 3,81 cm del fondo, dependiendo del envase si es pequeño o grande. Además refieren que los valores de temperatura del punto ubicado a un tercio de la base no difieren significativamente de los ubicados en el centro.

Por otro lado Casp y Abril (1999), encuentran que los productos que se calientan por convección, en envases cilíndricos, el punto crítico se ubica en el eje longitudinal a un quinto de la altura, medido desde la base y en los que se calientan por conducción, el punto crítico se ubica en el centro geométrico del envase.

Stumbo (1973) asimismo señala que en productos que se calientan por convección el punto de calentamiento más frío se encuentra sobre el eje vertical ligeramente más abajo del centro geométrico. Sin embargo, la temperatura correspondiente al centro geométrico se considera bastante aproximada al promedio efectivo del envase.

Por las referencias bibliográficas antes citadas y por el resultado obtenido en la presente investigación se puede concluir que la conserva de espárrago verde presenta un calentamiento por conducción y convección, puesto que el punto de más lento calentamiento se encuentra en el punto equidistante entre el 1/3 de la base, como lo afirman Nickerson y Sinskey (1978) y Casp y Abril (1999); y es el centro geométrico tal como afirma Stumbo (1973), para este tipo de calentamientos, lo que se debe deber a la composición, por una parte sólido (espárrago verde) y por otro el líquido de gobierno (salmuera).

4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE PENETRACIÓN DE CALOR EN CONSERVA DE ESPÁRRAGO VERDE

Los valores de temperatura del alimento y temperaturas del autoclave o retorta con respecto al tiempo, registrados durante el procesamiento de conserva de espárrago verde y en las Figuras 25 y 26. Estas curvas de calentamiento y enfriamiento de acuerdo al método de Ball (1923) mencionado por Miranda-Zamora y Teixeira (2012).

Como puede observarse el comportamiento lineal de estas curvas es bastante significativo, puesto que presentan valores de correlación lineal de 0,9996 y 0,9991 para el calentamiento y enfriamiento respectivamente.

No obstante se puede apreciar que presentan en la parte inicial un ligero retraso; esto es de mayor importancia en la curva de enfriamiento, lo que llevaría a la formación de una curva quebrada; sin embargo, se considera como una curva simple por su significativa correlación lineal.

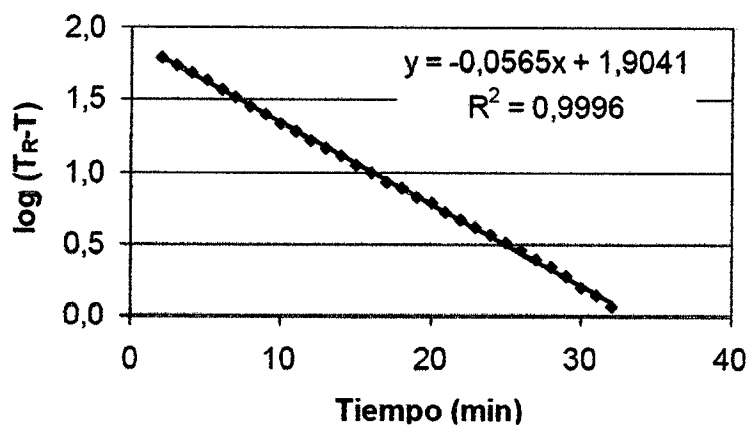


Figura 25. Curva de calentamiento de la conserva de espárrago verde.

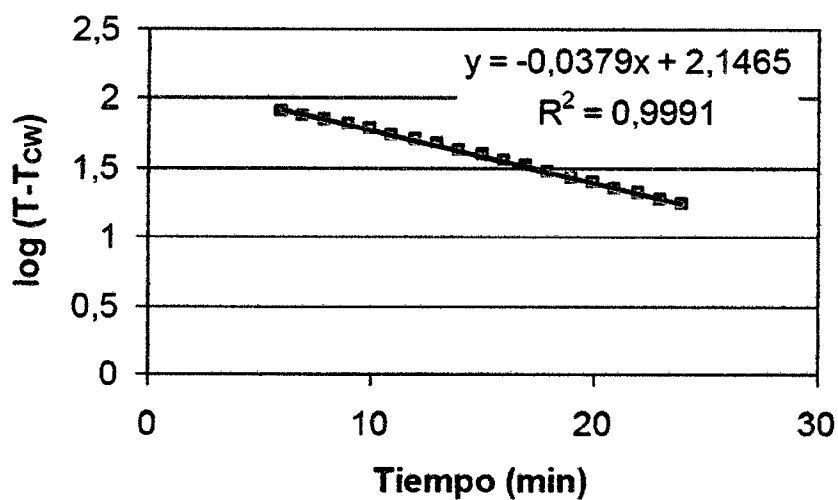


Figura 26. Curva de enfriamiento de la conserva de espárrago verde.

En el Cuadro 17 se presentan los parámetros de penetración de calor encontrados en la conserva de espárrago verde.

Cuadro 17. Parámetros de las curvas de calentamiento y enfriamiento de la conserva de espárrago verde.

Parámetros de calentamiento	Parámetros de enfriamiento
$f_h = 17,7$ minutos	$f_c = 26,4$ minutos
$T_A = 40,8^\circ\text{C}$	$T_B = 160^\circ\text{C}$
$j_h = 1,26$	$j_c = 1,38$
$T_I = 57,5^\circ\text{C}$	$T_g = 121,70^\circ\text{C}$

De estos gráficos mostrados se obtuvieron por regresión lineal, los valores f_h , T_A , j_h , T_I , f_c , T_B , j_c y T_g que se presentan en el Cuadro 17. Es importante indicar que el método de Ball permite calcular, dado el valor F del microorganismo, los tiempos de tratamientos necesarios, para diversas temperaturas de autoclave o retorta y distintas temperaturas iniciales de las conservas, o bien conocido el tiempo de tratamiento térmico, encontrar el valor F del proceso (Reichert, 1988).

Así mismo los métodos matemáticos permiten realizar transformaciones a otros formatos (tamaños de envase) y clases de recipientes (por ejemplo latas a envases de vidrio). Así como de unos métodos de tratamiento de calor a otros (de calentamiento estático al rotatorio). Sin embargo, es requisito previo para el cálculo, conocer el curso seguido por la temperatura, al aplicar una temperatura determinada (Reichert, 1988).

En resumen, el método de Ball permite hacer los cálculos del proceso para el mismo producto en diferentes tamaños de envases, variar la temperatura de retorta y temperatura inicial del producto sin necesidad de realizar la parte experimental.

Al respecto Frazier (1993) indica que la variación de temperatura inicial del alimento al llevarlo al autoclave o retorta, prácticamente no modifica el tiempo requerido por el punto más frío de la lata para alcanzar la temperatura de retorta, ya que un alimento con una temperatura inicial baja se calienta más rápidamente que el mismo alimento a una temperatura inicial mayor. Sin embargo, el alimento que posee una temperatura inicial mayor permanecerá más tiempo en el intervalo de temperaturas letales para el microorganismo.

Lo mismo ocurre cuando latas de alimentos iguales son colocadas en retortas a diferentes temperaturas de calentamiento, estas alcanzan las temperaturas de proceso, prácticamente en el mismo tiempo, sin embargo el calentamiento más rápido tiene lugar en la retorta más caliente, alcanzando el alimento las temperaturas letales más rápidamente.

Por lo tanto los datos experimentales obtenidos a una temperatura de retorta y temperatura inicial del producto, pueden ser utilizados para calcular los tratamientos térmicos a otras temperaturas.

En cuanto a las características del producto analizado, estas coinciden con las características expuestas por muchos autores, que afirman que en productos como jugos y pulpas de vegetales y frutas la transferencia de calor es por convección.

Se realizó el análisis de los parámetros f y j para calentamiento y para enfriamiento, valores que caracterizan las curvas de calentamiento y enfriamiento de conserva de espárrago verde.

En lo que respecta a f_h , es un parámetro que caracteriza a la curva de calentamiento. En el caso experimental el valor obtenido fue de 17,7 minutos. Este valor significa que se necesita 17,7 minutos para que la temperatura en un punto determinado del alimento aumente en un 90%, es decir para que la curva atraviese un ciclo logarítmico. Por tanto cuando menor es el valor de f_h la inclinación de la curva es mayor, indicando de esta manera que la transmisión de calor en el alimento es más rápida esto sucede en alimentos calentados por convección.

En productos donde la transferencia de calor es por conducción, el tiempo necesario para que la curva de calentamiento atraviese un ciclo logarítmico es mayor, que en un calentamiento por convección, por lo tanto la transmisión de calor es este tipo de producto es lenta.

El valor f_c hallado a partir de la curva de enfriamiento, es igual a 26,4 minutos. Esto significa que se requiere 26,4 minutos para que la temperatura del alimento disminuya en un 90%, es decir, para que la curva de enfriamiento atraviese un ciclo logarítmico.

Teniendo en cuenta las relaciones f_h/U : g necesarias para los cálculos de tratamiento térmico, han sido establecidas con la asunción de que el valor f_h es igual al valor f_c , en los productos que exhiben solamente una línea recta en sus curvas de calentamiento y enfriamiento, fue necesario comparar los resultados encontrados en el producto en estudio con el fin de averiguar si hay diferencia importante entre ambos valores. Como se mencionó anteriormente, los valores de $f_h = 17,7$ minutos y $f_c = 26,4$ minutos, presentan una diferencia entre si de 49,15% o sea 8,7 minutos, valor que si es importante.

Según Reichert (1988) el que $f_h = f_c$ dependerá de los siguientes factores: variación de la capacidad conductora del calor en el producto, la velocidad de enfriamiento no corresponde con la velocidad de calentamiento (Ejemplo calentado en agua o vapor y enfriado en aire).

Al respecto Stumbo (1966) indica que cuando se note una variación del 20% en el valor de f_c con respecto al valor de f_h , debe emplearse el método general para evaluar el proceso.

Asimismo, Jen et al. (1971) enfatiza que f_h será siempre igual a f_c a menos que exista un cambio en la difusividad del producto durante el proceso. Si este cambio tuviera lugar tendría que ser bastante grande, más de 10 a 20 minutos como para influir significativamente en las relaciones f_h/U :g.

En cuanto al valor j_h de la curva de calentamiento se determinó que cuanto mayor es el valor de j existe un retraso en la elevación de la curva. El factor de retraso es un indicador del tiempo transcurrido desde que el envase es sometido a la temperatura de retorta hasta que esta temperatura se hace sensible en un punto en particular dentro del envase, por lo tanto a los puntos situados cerca del centro geométrico del envase le corresponderá un factor de retraso mayor que a los que están ubicados cerca de la pared del recipiente (Stumbo, 1973).

Según Reichert (1988) indica que los valores j_h y f_h no se modifican al variar las temperaturas del producto contenido y el tratamiento. Las variaciones de la forma de los envases y de la clase de éstos influyen solamente escasamente sobre j_h , pero de manera muy intensa sobre f_h .

Según Stumbo (1973) las variaciones en el valor de j_h de la curva de calentamiento, no producen variaciones significativas en las relaciones f_h/U :g esto en contraste con la influencia que ejercen las variaciones de j_c en estas relaciones. Esto es cierto, debido a que cuando el enfriamiento prosigue más allá del periodo de retraso y la curva de enfriamiento se va haciendo recta, las temperaturas son muy poco letales comparadas con la del periodo de retraso. Por consiguiente el valor de j de la curva de enfriamiento es extremadamente importante, mientras que la pendiente de la curva de enfriamiento es de menor importancia.

Por lo tanto de lo antes expuesto se puede concluir que los valores f y j que caracterizan las curvas de calentamiento y enfriamiento para un producto determinado son independientes de la temperatura de retorta y temperatura inicial del producto. Siendo f una función que depende exclusivamente de las dimensiones del envase usado en el proceso y de las características del alimento, mientras que j es un factor que depende únicamente de la posición en un punto determinado del alimento (Reichert, 1988).

4.4. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

Para la evaluación del tratamiento térmico por el método de Stumbo (1973) y la consecuente degradación del color (a^*) por el método de Jen *et al.* (1971), en el procesamiento de conserva de espárrago verde se siguieron los delineamientos siguientes.

El proceso de optimización mecanizado se realizó en el rango de temperaturas de 110 a 121°C (este rango fue elegido de manera arbitraria). Se calcularon los procesos de letalidad a 2°F cada uno y se recalculo para cada uno de estos procesos la correspondiente retención del nutriente. Se siguió la metodología de Stumbo para calcular el tiempo de proceso.

Con la finalidad de obtener la curva de letalidad equivalente para el *Clostridium sporogenes* PA 3679 en este tipo de envase y alimento, se plotearon los tiempos de proceso encontrados con sus respectivas temperaturas de retorta o autoclave.

En la Figura 26 se puede apreciar que conforme la temperatura de los procesos equivalentes va disminuyendo la pendiente de la curva se va haciendo constante.

La función matemática $y = 2E+17x^{-7,6452}$ es la que mejor expresa la relación entre “y” (temperatura de la retorta) y “x” (tiempo del proceso) para un $R^2 = 0,9804$.

En el Cuadro 18 se muestran los valores de los tiempos de procesamiento, realizado por el método de Stumbo (1973)

La resistencia térmica de conservas de baja acidez entre ellas la del espárrago el microorganismo que causa deterioro de la conserva de espárrago es el *Clostridium sporogenes* PA 3679 con un valor $D_0 = 1,83$ min y un $z = 13^\circ\text{C}$ (Reed *et al.*, 1951). Así mismo el valor F_0 para algunas conservas comerciales son mencionadas por Alstrand y Ecklund (1952) entre ellas el valor $F_0 = 2-4$ min para los espárragos. En esta investigación se trabajó con el valor máximo. Para la pérdida del pigmento verde $z = 30^\circ\text{C}$ recomienda Toledo (2007).

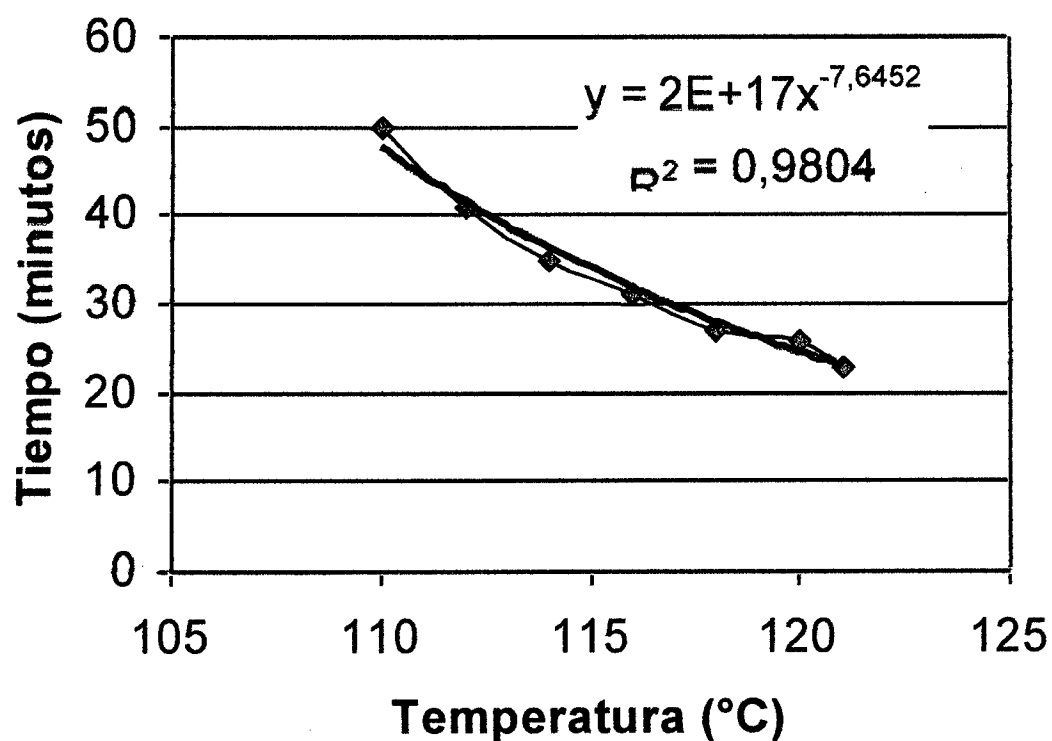


Figura 27. Curva de letalidad equivalente para el *Clostridium sporogenes* PA 3679 en la conserva de espárrago verde.

Cuadro 18. Tiempos de tratamiento térmico de la conserva de espárrago verde a diferentes temperaturas, obtenidas por el método de Stumbo (1973).

Temperatura de proceso (°C)	Tiempo de proceso (minutos)
110	50,00
112	41,00
114	35,00
116	31,00
118	27,00
120	26,00
121	23,00

Analizando los resultados desde el punto de vista económico, el procesar los espárragos verdes a 121°C en vez de procesarlos a 110°C, 112°C, 114°C, 116°C, 118°C y 120°C, significa disminuir el tiempo de proceso 54,00%, 43,90%, 34,29%, 25,81%, 14,81% y 11,54% respectivamente.

En el Cuadro 19 se presentan los resultados obtenidos de retención de cromaticidad a* de la conserva de espárrago verde para este rango convencional de temperaturas de proceso.

Cuadro 19. Retención de cromaticidad a* de la conserva de espárrago verde a diferentes temperaturas, obtenidas por el método de Stumbo (1973).

Temperatura de proceso (°C)	Retención de cromaticidad a* (%)
110	43,12
112	53,13
114	62,86
116	65,76
118	69,78
120	75,75
121	81,15

Desde el punto de vista de calidad sensorial (cromaticidad del color a*), procesar el alimento a la temperatura de 121°C (temperatura máxima de esterilización comercial) significa incrementar el valor de calidad sensorial en un 46,86%, 34,53%, 22,54%, 18,96%, 14,01% y 6,65% respectivamente.

Pero este incremento en el tiempo incide directamente no solamente, en la menor productividad de la empresa y en los mayores costos unitarios del proceso, sino también en disminuir otras características importantes de la calidad del producto,

que podrían ser deteriorados por el excesivo tiempo de tratamiento térmico, pudiendo finalmente disminuir el precio de venta por un producto de menor calidad.

Entonces, realizando un análisis general de los resultados logrados, se puede afirmar que una combinación tiempo-temperatura seleccionada representa un proceso óptimo de calidad sensorial del color y de disminución del microorganismo objetivo (*Clostridium sporogenes* PA 3679), pero no así la alternativa técnica para obtener un producto con las características de calidad más apropiadas, ya que la calidad sensorial (cromaticidad del color a^*), es solamente uno de los varios factores de calidad a la que habría que añadir otras; y que además existen otros criterios como costos, energía, etc., que deben ser considerados en dichos procesos de optimización.

Por lo tanto con el objetivo de proponer una alternativa tecnológica conveniente que permita evitar la mayor pérdida de calidad sensorial (cromaticidad del color a^*) se eligió la temperatura de 121°C por encontrarse dentro del rango convencional de temperatura de proceso para este tipo de alimento. Esta elección se hizo también en función del color en los espárragos verdes, pues tratamientos térmicos excesivos producen pérdida total del color, debido a que las clorofilas son muy sensibles al calor.

4.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS MATEMÁTICA Y EXPERIMENTALMENTE PARA LA COMBINACIÓN DE TIEMPO-TEMPERATURA ÓPTIMA

Una vez seleccionada la condición de procesamiento, se elaboró un lote de conservas de espárrago verde bajo la condición térmica de tiempo temperatura seleccionada previamente. El proceso fue realizado a 121°C por 23 minutos.

Los resultados obtenidos matemática y experimentalmente de la cantidad de la calidad sensorial (cromaticidad del color a^*), retenido después del proceso de esterilización comercial, son mostrados en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Valores de retención de la cantidad de la calidad sensorial (cromaticidad del color a*) obtenidos teórica y experimentalmente para la combinación tiempo-temperatura seleccionada.

% Retención de calidad sensorial (cromaticidad del color a*) teórica	% Retención de calidad sensorial (cromaticidad del color a*) experimental	Diferencia (%)
81,15	86,67	6,8

Al comparar los resultados obtenidos se puede apreciar, una diferencia del orden del 6,8% entre el valor experimental y el encontrado matemáticamente.

Dada la ligera diferencia lograda en los resultados se puede afirmar que el proceso de esterilización comercial, se llevó a cabo apropiadamente y que el método de optimización de Jen *et al.* (1971), es un método bastante aceptable para propósitos de evaluar la retención de calidad sensorial (cromaticidad del color a*) en conservas de espárragos verdes.

Si se hace referencia al método de Stumbo (1973) utilizado para calcular el tiempo de procesamiento térmico, desde el punto de vista microbiológico, la conserva de espárrago verde preparada experimentalmente, estuvo libre de carga microbiana, por lo tanto no constituye un riesgo para la salud del consumidor, pudiéndose comercializar en condiciones normales de almacenamiento y distribución sin problemas de alteración.

En resumen de los antecedentes de calidad sensorial (cromaticidad del color a*) y microbiológicos expuestos anteriormente, se puede concluir, que el tiempo empleado para el procesamiento térmico permite alcanzar una buena esterilización comercial, considerando que siempre se observen altos niveles de sanidad en la materia prima, en la fábrica y en la preparación del producto.

4.6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE VISIÓN COMPUTACIONAL, MEDICIÓN DEL COLOR Y DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE COLOR

Se implementó un Sistema de Visión por Computadora (SVC) (como se muestra en la Figura 28) en escala CIE $L^*a^*b^*$ siguiendo la siguiente metodología:

- La medición de la muestra no requirió un tratamiento previo, la lectura fue directa.
- Se calibró el SVC con una tarjeta de corrección de colores QPcard® 201 mostrando los 30 colores usados en el proceso de calibración midiendo en cada parche " L^* ", " a^* " y " b^* ".
- Se introdujo una muestra (100g) y se leyó en Adobe® Photoshop® CS5 Extended, midiendo la lectura de L^* , a^* y b^* .

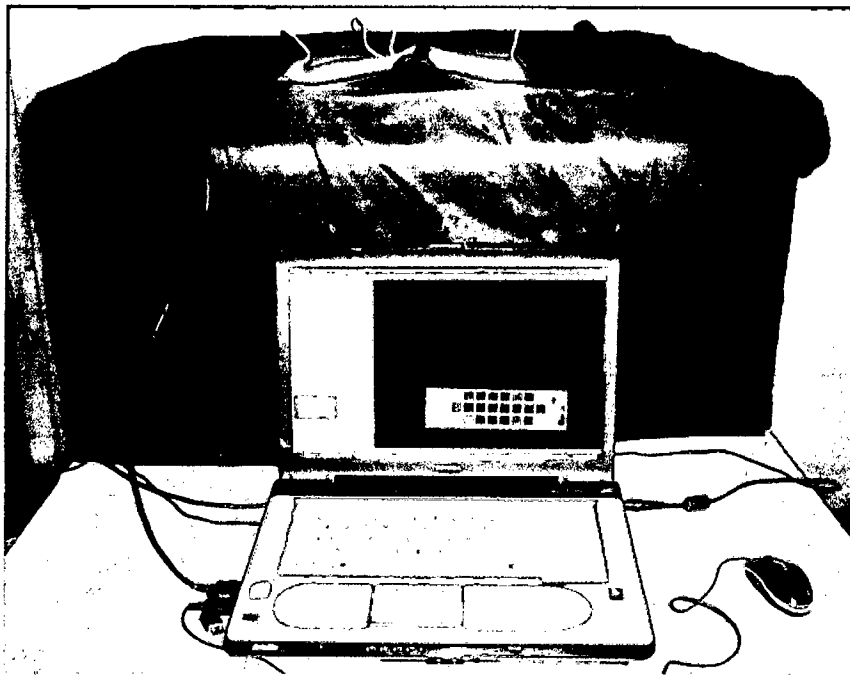


Figura 28. Montaje para la adquisición de imágenes y medición de color mediante SVC (Miranda-Zamora, 2012).

4.7. DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE LA PÉRDIDA DE COLOR VERDE DEL ESPÁRRAGO EN CONSERVA

La cinética de la degradación del color de los vegetales es compleja y los modelos confiables para predecir el cambio de color experimental están limitados. La cinética de la degradación del pigmento y del color de los vegetales durante el procesamiento térmico ha sido estudiada por varios investigadores (Ahmed *et al.*, 2004; Kajuna *et al.*, 1998; Steet y Tong, 1996; Shin y Bhowmik, 1995). El principal hallazgo de estos estudios es que tanto la degradación del pigmento y color durante el procesamiento térmico sigue la cinética de reacción de primer orden. Los datos medidos se recogen en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Mediciones de color en la conserva de espárrago verde.

Muestra	L*	a*	b*	ΔE^*	Según Li (1998).
Patrón (muestra comercial)	78,0	-4,0	33,0		
110°C x 10 min	85,0	-3,0	29,5	7,9	Gran diferencia
110°C x 20 min	77,0	-2,0	34,0	2,4	Diferencia notable
110°C x 30 min	89,0	-3,5	32,0	11,1	Gran diferencia
116°C x 8 min	85,0	-3,0	36,5	7,9	Gran diferencia
116°C x 16 min	80,0	-4,0	32,5	2,1	Diferencia notable
116°C x 24 min	78,0	-3,0	34,0	1,4	Diferencia notable
121°C x 1 min	83,0	-2,5	35,5	5,8	Diferencia apreciable
121°C x 2 min	79,0	-3,5	36,5	3,7	Diferencia apreciable
121°C x 4 min	75,0	-3,0	39,5	7,2	Gran diferencia

Dado que el valor a del color representa solamente al pigmento mayoritario y no representa el cambio total del color durante el tratamiento térmico de vegetales. En la práctica, cualquier cambio en el valor a está asociado con un cambio simultáneo en L y b como podemos observar en el Cuadro 21. La representación de la calidad en términos del color total puede ser lo más relevante desde el punto de vista de procesamiento (Ahmed *et al.*, 2004; Smout *et al.*, 2003; Ahmed *et al.*, 2002).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- La zona más fría de las pruebas de penetración de calor dentro del autoclave o retorta se ubica en la zona superior que tiene un t_h de 6,11 minutos.
- El punto más frío en la conserva de espárrago verde se ubica en el punto equidistante entre el centro geométrico y el tercio de la altura desde la base del envase de vidrio que tiene un valor t_h de 19,27 min a 110°C, 21,83 minutos a 116°C y 18,21 minutos a 121°C.
- Un sistema de visión por computadora (SVC) para el procesamiento de las imágenes y medición del color de la conserva de espárrago durante el tratamiento térmico fue implementado para la medición del color verde del espárrago en conserva.
- Se determinó el diferencial de color durante el tratamiento térmico a temperaturas de 110°C, 116°C y 121°C en el rango de 2,4 a 11,1; 1,4 a 7,9 y 3,7 a 7,2 respectivamente.
- La cinética de pérdida de color verde del espárrago en conserva es de primer orden.
- La retención máxima del color verde de los espárragos en conserva expresada como porcentaje de retención de calidad sensorial (cromaticidad del color a^*) teórica fue del 81,15 y el porcentaje de retención de calidad sensorial (cromaticidad del color a^*) experimental fue de 86,67.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

- Evaluar las características cinéticas de destrucción térmica de los diferentes componentes bioactivos u organolépticos en la conserva de espárrago verde.
- Determinar la optimización del tratamiento térmico de la conserva de espárrago verde para otros constituyentes nutritivos (vitamina A, compuestos fenólicos, etc.), así como para atributos sensoriales como el sabor y textura.
- Determinar como el tratamiento térmico de esterilización comercial influye en la retención de compuestos bioactivos como son los compuestos fenólicos en la conserva de espárrago verde, así como el efecto sobre su capacidad antioxidante.
- Realizar un estudio de vida en anaquel de la variación de la calidad sensorial (cromaticidad del color a^*) en la conserva de espárrago verde.

BIBLIOGRAFÍA

- AHMED, J., KAUR, A. y SHIVHARE, U.S. (2002). Color degradation kinetics of spinach, mustard leaves and mixed puree. *Journal of Food Science* 67:1088–1091.
- AHMED, J., SHIVHARE, U.S. y SINGH, P. (2004). Color kinetics and rheology of coriander leaf puree and storage characteristics of paste. *Food Chemistry* 84:605–611.
- ALSTRAND, D.V. y ECKLUND, O.F. (1952). The mechanics and interpretation of heat penetration in canned foods. *Food Technol.* 6(5), 185–189.
- BALL, C. O. y OLSON, F. C. W. (1957). *Sterilization in food technology—Theory, practice and calculations*. New York: McGraw–Hill.
- CASP, A. y ABRIL, J. (1999). *Proceso de conservación de los alimentos*. Mundi–prensa, España.
- FRAZIER, W.C. y WESTHOFF, D.C. (1993). *Microbiología de los alimentos*. Zaragoza: Acribia. S.A.
- GAVIN A. y WEDDIG.L. (1995). *Principios de Control del Proceso Térmico, Acidificación y Evaluación del Cierre de los Envases*. Sexta Edición. Washington D.C. The Food Processors Association Institute. 25-79 p.
- INOURA, H. (2007). *Desarrollo de un software empleando LabVIEW© para evaluación y cálculo de procesos térmicos*. Lima, Perú. Tesis (Mag Science con Especialidad en Tecnología de Alimentos.). Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. 34-75p.
- JEN, Y., MANSON, J. E., STUMBO, C. R. y ZAHRADNIK, J. W. (1971). A procedure for estimating sterilization of and quality factor degradation in thermally processed foods. *J. Food Sci.*, 36(4), 692–698.
- JIMENEZ A. Y GUTIERREZ G. (2001). Color. En métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Alvarado J. y Aguilera J. (Ed.). Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- KAJUNA, S.T.A.R., BILANSKI, W.K. y MITTAL, G.S. (1998). Color changes in bananas and plantains during storage. *Journal of Food Processing and Preservation* 22:27–40.
- LI, L.T. (1998). *Food Properties*. China Agriculture Publisher, Beijing (in Chinese).
- MAROTO, J. (2008). *Elementos de Horticultura General*. España. MundiEmpresa 3 Edición. 67-89 p.
- MENDOZA Vilcarronero, F. (2003). *Evaluación y Optimización del Tratamiento Térmico en una crema base de Olluco (Ullucus tuberosus loz) enlatada*. Tesis

(Ingeniero en Industrias Alimentarias). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Industrias Alimentaria. 30-38 p.

- MENDOZA Vilcarronero, F. (2005). Characterization of Surface appearance and color in some fruits and vegetables by image analysis. Tesis (Doctorado en Ciencias de Ingeniería). Santiago de Chile, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- MIRANDA ZAMORA, W. *et al* (2012). Ingeniería del Tratamiento Térmico de Alimentos, Piura.
- Miranda-Zamora, W. R. (2012). Determinación de los parámetros del color (L^* , a^* y b^*) de alimentos utilizando un método alternativo: sistema de visión por computadora. Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Piura-Escuela de Posgrado, Piura, Perú.
- MIRANDA-ZAMORA, W.R. y TEIXEIRA, A.A. (2012). Principios Matemáticos del Proceso Térmico de Alimentos. AMV (Antonio Madrid Vicente) Ediciones. Madrid-España) por la Editorial.
- NICKERSON, J.T. y SINSKEY, A. J. (1978). Microbiología de los Alimentos, Editorial: Acribia, España.
- NTP 209.403:2007. Espárragos. Control de estabilidad de conservas vegetales. Requisitos .INDECOPI.
- NTP 209.404:2003. Espárragos en conservas. Determinación de Fibrosidad. Requisitos .INDECOPI
- REED, J.M., BOHRER, C.W. y E. J. CAMERON. (1951). Spore destruction rate studies on organisms of significance in the processing of canned foods. Food Research 16: 383-408.
- REICHERT, J.E. (1988). Tratamiento térmico de los productos cárnicos. Zaragoza, Editorial Acribia. S.A.
- SHIN, S. y BHOWMIK, S.R. (1995). Thermal kinetics of colour changes in pea puree. Journal of Food Engineering 24:77-86.
- SMOUT, C., BANADDA, N.E., VAN LOEY, A.M. y HENDRICKX, M.E.G. (2003). Non-uniformity in lethality and quality in thermal process optimization: A case study on color degradation of green peas. Journal of Food Science 68:545-550.
- STEET, J.A. y TONG, C.H. (1996). Degradation kinetics of green color and chlorophyll in peas by colorimetry and HPLC. Journal of Food Science 61:924-927, 931.

- STUMBO, C. R. (1973). Thermobacteriology in Food Processing. 2nd Edition. Academic Press, New York.
- TOLEDO J. (1991) Cosecha y Post Cosecha de Espárragos Fresco para Exportación. Instituto de Comercio Exterior. Lima 56 p.
- TOLEDO, R.T. (2007). Fundamentals of Food Process Engineering. Third Edition. Springer Science+Business Media, LLC.

ARTICULOS DE INTERNET

- MACDOUGALL, D. (2002). Colour in food , Improving quality.CRC Press.
Disponible en: <http://books.google.com.pe/books?id=kOs9hYmq7-sC&pg=PA62&lpg=PA62&dq=Colour+in+food+,+Improving+quality&source=bl&ot>>
- MACDOUGALL, D. (2002). Colour in food , Improving quality.CRC Press.
Disponible en: <http://books.google.com.pe/books?id=kOs9hYmq7-sC&pg=PA62&lpg=PA62&dq=Colour+in+food+,+Improving+quality&source=bl&ot>>
- MENDOZA AGUILERA J. (2007).Computer Vision for Quality Control in Latin American Food Industry, A Case Study. Disponible en: <http://www.vision.jhu.edu/iccv2007-cvdc/CVDR-aguilera.pdf>
- Minag, (2006). Ficha técnica de los espárragos. Recuperado de <http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/ESPARRAGOS.pdf>
- MÍNGUEZ MOSQUERA, M. (2011). Pigmentos en frutas y vegetales; mucho más que simples “colorantes” naturales. disponible: http://digital.csic.es/bitstream/10261/5754/1/IG_AGROCSIC_4.pdf
- RICHARDSON, P S. (2004). Improving the thermal processing of foods.
Disponible:
http://books.google.com.pe/books?id=SRIKH1iLz1wC&pg=PR5&dq=thermal+process&hl=es&ei=CfzGTZL4ONCftwfovbmrbA&sa=X&oi=boob_result&ct>

ANEXOS



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Patrón Muestra Comercial
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro ($CIE L^*a^*b^*$) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	78,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-4,0
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	33,0

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

1. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
3. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 110°C x 10 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro ($CIE L^*a^*b^*$) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	85,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-3,0
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	29,5

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

4. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
5. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
6. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 110°C x 20 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro ($CIE L^*a^*b^*$) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	77,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-2,0
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	34,0

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

7. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
8. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
9. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 110°C x 30 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro ($CIEL^*a^*b^*$) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	89,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-3,5
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	32,0

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

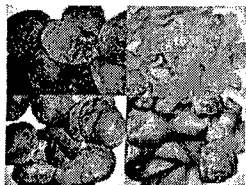
FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

10. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
11. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
12. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 116°C x 8 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro ($CIE L^*a^*b^*$) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	85,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-3,0
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	36,5

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

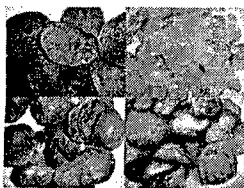
FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

13. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
14. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
15. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 116°C x 16 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro ($CIE L^*a^*b^*$) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	80,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-4,0
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	32,5

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

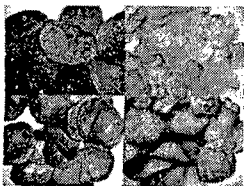
FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

16. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
17. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
18. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 116°C x 24 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro ($CIE L^*a^*b^*$) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	78,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-3,0
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	34,0

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

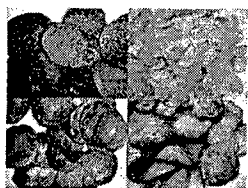
FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

19. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
20. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
21. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 121°C x 1 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro (CIEL $^*a^*b^*$) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	83,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-2,5
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	35,5

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

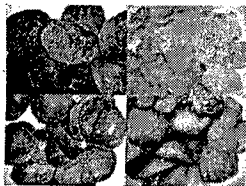
FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

22. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
23. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
24. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 121°C x 2 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro (CIEL*a*b*) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	79,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-3,5
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	36,5

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

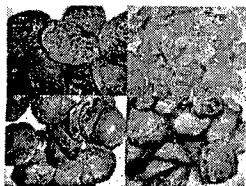
FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

25. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
26. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
27. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable



GRUPO FOOD ENGINEERING (FE)

INFORME DE MEDICIÓN DE COLOR

Solicitante : **ENCALADA LOPEZ, JUAN CARLOS**
Producto : Conserva de Espárrago Verde (*Asparagus officinalis* L.)
Número de Muestras : 01
Identificación/Muestra : Muestra Procesada a 121°C x 4 min
Cantidad Recibida : 100 g aprox.
Marca (s) : Sin Marca
Forma de Presentación : Frasco de Vidrio
Solicitud de Servicio : 02-07-15
Referencia : Tesis
Fecha de Recepción : 02-07-15
Ensayos Solicitados : Parámetros de Color (L^* , a^* y b^*)
Período de Custodia : 10 días, a partir de la fecha de recepción

Resultados:

Medida de Parámetros de Color:

Parámetro (CIEL [*] a [*] b [*]) ¹	RESULTADOS
L^* [Todo Blanco (100)/Todo Negro (0)]	75,0
a^* [Rojo (+60)/Verde (-60)]	-3,0
b^* [Amarillo (+60)/Azul (-60)]	39,5

MÉTODO UTILIZADO:

¹Medida del Color por Sistema de Visión por Computadora

FECHA DE EJECUCIÓN DE LA MEDIDA: julio 02 de 2015

ADVERTENCIA:

28. El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso para ser medidos son de responsabilidad del solicitante.
29. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin autorización del Director Responsable.
30. Válido sólo para la cantidad recibida. No es certificado de Conformidad ni certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

Piura, julio 02 de 2015

Dr. William Rolando Miranda Zamora
CIP. 105277
Director Responsable